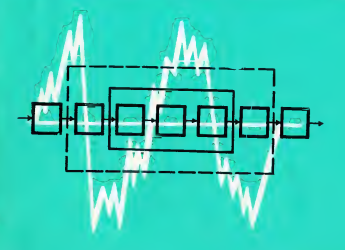


БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА



А. И. МАЛЫШЕВ

НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАНАЛОВ ТЕЛЕМЕХАНИКИ ПО ВЛ

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Основана в 1959 г.

Выпуск 551

А. И. МАЛЫШЕВ

НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАНАЛОВ ТЕЛЕМЕХАНИКИ ПО ВЛ

МОСКВА ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ 1983

ББК 31.279
М20
УДК 621.3.052.63:621.398

Малышев А. И.

М20 Наладка и эксплуатация каналов телемеханики по ВЛ. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 96 с., ил.— (Б-ка электромонтера; вып. 551).

25 к.

Рассмотрены вопросы наладки и эксплуатацнонного обслуживания каналов передачи телемехаиической информацни по проводам ВЛ, основные методы и практическне приемы наладки каналообразующей аппаратуры типов ТМТП, ТАТ-65, АПТ, а также методы эксплуатационой проверкн систем связи, по которым органнзованы каналы телемеханнки. Изложены вопросы контрольно-эксплуатационных измерений каналов телемеханнкн, прнведены объемы и методика выполнення эксплуатацнонных работ.

Для электромонтеров и эксплуатациониого персонала со средним техническим образованнем, обслуживающих устройства и каналы телемеханики.

М $\frac{2302040000-445}{051(01)-83}$ 105-83

ББК 31.279
6П2.11

ПРЕДИСЛОВИЕ

Важнейшим средством диспетчерского управления энергосистемами является телемеханика, включающая системы телеуправления, телесигнализации, телеизмерения. Любая система телемеханики является сложной технической системой, состоящей из отдельных технических подсистем, каждая из которых относится к классу восстанавливаемых технических систем.

Восстанавливаемая техническая система отличается тем, что качество и надежность ее функционирования определяются не только показателями надежности и качества элементов, образующих систему, но и уровнем организации технической эксплуатации этой системы. Эксплуатационный персонал является обязательным элементом восстанавливаемой технической системы, и от квалификации и качества работы эксплуатационного персонала в полной мере зависит качество и надежность работы технической системы. Эксплуатационный персонал должен осуществлять контроль за правильностью функционирования системы телемеханики, выполнять планово-профилактические мероприятия, направленные на предупреждение возникновения отказов системы, проводить комплекс восстановительных работ при появлении отказов. Для выполнения указанных задач эксплуатационный персонал должен в совершенстве знать все особенности оборудования, четко представлять физические процессы, протекающие в оборудовании при передаче и приеме телемеханической информации, а также владеть технологией выполнения наладочных работ, специальных измерений и испытаний узлов и элементов системы телемеханики.

В книге рассмотрены вопросы наладки и эксплуатации сложной части системы телемеханики — канала передачи телемеханической информации, знание которых необходимо персоналу служб средств диспетчерского и технологического управления энергосистемами.

Автор сердечно благодарит рецензента К. С. Гаджиева за ценные указания и пожелания, способствовавшие улучшению книги, с благодарностью отмечает большую работу, проведеную редактором книги В. В. Сапирштейном.

Отзывы и замечания по книге просьба направлять в адрес Энергоатомиздата: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Автор

1. СИСТЕМА ТЕЛЕМЕХАНИКИ

В общем случае составными частями любой системы телемеханики являются (рис. 1): источник телемеханической информации *ИТИ*, передающее устройство телемеханики *ПУТ*, канал телемеханики *КТМ*, приемное устройство телемеханики *ПРУТ*, и получатель (приемник) телемеханической информации *ПТИ*.

В системах телесигнализации (ТС) в качестве *ИТИ* используются первичные датчики состояния контролируемого устройства, а в качестве *ПТИ* — диспетчер или ЭВМ. В системах телеизмерения (ТИ) источником информации

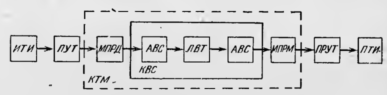


Рис. 1. Функциональная схема системы телемеханики

является первичное измерительное устройство, а *ПТИ* — диспетчер или ЭВМ. В системе автоматизированного управления источником и приемником информации могут быть ЭВМ или другие автоматические устройства.

Информация, полученная от ИТИ, преобразуется передающим устройством телемеханики в специальные электрические сигналы, которые называются первичными сигналами телемеханики. В качестве первичных сигналов применяются двоичные дискретные сигналы постоянного тока или аналоговые частотные сигналы. Двоичным дискретным сигналом постоянного тока называют сигналы, амплитуда напряжения которых в любой момент времени может принимать только одно из двух конкретно заданных значений.

На рис. 2 показаны формы двоичных дискретных сигналов постоянного тока. Двоичный дискретный сигнал двухполярного постоянного тока (рис. 2,*а*) имеет два значе-

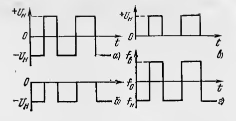


Рис. 2. Двоичные дискретные сигналы двухполярного (*а*), однополярного (*б*, *в*) постоянного тока и частотно-модулированного сигнала тональной частоты (*г*)

ния амплитуды напряжения: $+U_н$ и $-U_н$, причем изменение амплитуды напряжения от одного до другого значения происходит мгновенно. Двоичные дискретные сигналы однополярного постоянного тока также характеризуются наличием двух значений амплитуды напряжения: $+U_н$ и 0 для сигналов на рис. 2,*б* и $-U_н$ и 0 для сигналов на рис. 2,*в*. Дискретный сигнал в интервале времени неизменного значения амплитуды напряжения называется посылкой. Таким образом, посылка характеризуется значением амплитуды напряжения и длительностью. Различают токовые посылки положительной и отрицательной полярности (рис. 2,*а*), токовые и бестоковые посылки (рис. 2,*б*, *в*). При использовании дискретных первичных сигналов телемеханическая информация может передаваться несколькими способами.

Частотно-импульсный способ передачи информации характеризуется тем, что передается непрерывная последовательность посылок разного знака, но одинаковой длительности и в зависимости от передаваемой информации меняется частота указанных посылок.

Широтно-импульсный способ передачи информации предусматривает изменение длительности отдельных посылок в зависимости от передаваемой информации.

Фазо-импульсный способ основан на том, что в зависимости от передаваемой информации меняется фаза посылки относительно заданного значения.

Полярно-импульсный способ передачи информации предусматривает передачу информации путем изменения знака посылки. В этом случае можно передавать только два вида информации, например «Включено» — положительная полярность дискретной посылки и «Выключено» — отрицательная полярность дискретной посылки.

Широко используется кодовый способ передачи информации, при котором передается кодовая комбинация, содержащая определенное число элементарных посылок. Знак элементарных посылок внутри кодовой комбинации меняется в зависимости от передаваемой информации.

Элементарной посылкой называется посылка наименьшей длительности, которая имеет место при передаче дискретных сигналов в данной системе телемеханики. Скорость передачи дискретных сигналов измеряется в специальных единицах — бодах и определяется по формуле:

$$N = \frac{1}{\tau_э}, \qquad (1)$$

где $\tau_э$ — длительность элементарной посылки, с.

Скорость передачи дискретных сигналов равна количеству элементарных посылок, которое можно передать за одну секунду.

В системах ТИ применяются первичные аналоговые сигналы. В этом случае первичный сигнал на выходе ПУТ представляет собой синусоидальный сигнал переменного тока, частота которого изменяется в зависимости от передаваемой информации и может принимать любое значение в пределах заданных граничных частот: так для ПУТ типа ТНЧ-2 граничными частотами являются 27 и 43 Гц.

В соответствии с рис. 1 первичный сигнал телемеханики с выхода ПУТ поступает на вход канала телемеханики. Канал телемеханики должен обеспечить достоверную передачу первичного сигнала телемеханики с выхода ПУТ на вход ПРУТ. Приемное устройство телемеханики воспринимает первичный сигнал телемеханики и превращает его в сообщение, которое фиксируется приемником информации ПТИ.

Составными элементами канала телемеханики являются каналообразующая аппаратура телемеханики (модем передачи МПРД, модем приема МПРМ) и высокочастотный канал связи ВКС. Модем передачи МПРД служит для преобразования первичного сигнала телемеханики в сигнал тональной частоты, который затем передается по каналу высокочастотной связи на вход модема приема МПРМ. Модем приема обеспечивает преобразование сигнала тональной частоты в первичный сигнал телемеханики. Наибольшее распространение получили модемы передачи с частотной модуляцией, в которых частота тонального сигнала (несущая частота модема) на выходе изменяется в соответствии с изменением амплитуды напряжения первичного сигнала на входе модема передачи. На рис. 2,*г* показано изменение частоты сигнала на выходе модема при передаче дискретного первичного сигнала телемеханики. В зависимости от полярности посылки первичного сигнала (например, на рис. 2,*а*) частота тонального сигнала модема передачи принимает одно из двух

значений $f_в$ или $f_н$, которые называются соответственно верхней или нижней характеристической частотой модема передачи. Частотный сдвиг или максимальное изменение частоты тонального сигнала МПРД определяется по формуле:

$$\Delta F_{сд} = f_в - f_н. \qquad (2)$$

Девиация частоты, т. е. максимальное отклонение частоты тонального сигнала от среднего значения f_0, при передаче двоичного сигнала определяется двумя значениями:

$$\Delta F_{д+} = |f_в - f_0| \qquad \text{(девиация „плюс“)};$$

$$\Delta F_{д-} = |f_0 - f_н| \qquad \text{(девиация „минус“)}.$$

При оптимальном режиме работы МПРД имеют место следующие зависимости:

$$\left.\begin{aligned} f_0 &= 0,5\,(f_в + f_н); \\ \Delta F_{д+} &= \Delta F_{д-} = \Delta F_д; \\ \Delta F_{сд} &= 2\Delta F_д. \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

При передаче дискретных сигналов частота тонального сигнала меняется дискретно, при передаче аналоговых первичных сигналов частота сигнала на выходе МПРД меняется в пределах характеристических частот $f_н$ и $f_в$, принимая любое промежуточное значение в зависимости от мгновенного значения напряжения первичного аналогового сигнала. Дискретное изменение частоты тонального сигнала часто называют частотной манипуляцией в отличие от непрерывного изменения частоты, которое называют частотной модуляцией. Частотно-модулированный сигнал при передаче аналоговой информации характеризуют значения и средней частоты f_0, и девиации частоты $\Delta F_д$. Характер изменения частоты тонального сигнала на выходе МПРД полностью соответствует изменению напряжения аналогового первичного сигнала на входе МПРД (рис. 3).

Основными элементами ВЧ канала связи ВКС являются аппаратура ВЧ связи АВС и линейный ВЧ тракт ЛВТ. Линейным ВЧ трактом называется вся совокупность устройств и линейных сооружений, которая располагается между входными ВЧ зажимами двух полукомплектов АВС и используется для передачи ВЧ сигналов между указанными полукомплектами АВС. Составными элементами ЛВТ являются (рис. 4): ВЧ кабели *ВК*, фильтры присоединения *ФП*, конденсаторы связи *КС*, фазные провода *ВЛ*, ВЧ

заградители *ВЗ* и оборудование шин *ШП* подстанций *А* и *Б*, на которых заканчивается данный ЛВТ.

В тракте передачи АВС тональный сигнал МПРД преобразуется в ВЧ сигнал, который передается по ЛВТ на вход тракта приема второго полукомплекта АВС. В тракте приема АВС ВЧ сигнал преобразуется в тональный сигнал телемеханики, который с выхода АВС поступает на вход МПРД. Надежность работы системы телемеханики опре-

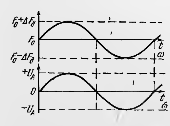


Рис. 3. Зависимость частоты тонального сигнала МПРД (*а*) от напряжения первичного аналогового сигнала (*б*)

Рис. 4. Линейный высокочастотный тракт

деляется показателями надежности и качества входящих в нее подсистем (устройств телемеханики, канала телемеханики). Наиболее сложной подсистемой является канал телемеханики, и в дальнейшем будут рассматриваться вопросы, связанные с наладкой и эксплуатацией этого канала.

2. ПАРАМЕТРЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ КАЧЕСТВО КАНАЛА ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Основными параметрами, характеризующими качество канала телемеханики (КТМ), являются достоверность передачи информации и надежность функционирования КТМ. Под достоверностью передачи информации по КТМ понимают степень соответствия основных параметров первичного сигнала телемеханики на выходе МПРМ тем же параметрам первичного сигнала телемеханики, поступающего на вход МПРД канала телемеханики. Количественной характеристикой достоверности передачи дискретной информации является коэффициент ошибок, который определяется по формуле:

$$k_{\text{ош}} = N_{\text{ош}} / N_0, \qquad (4)$$

где N_0 — количество дискретных посылок, переданных по КТМ в течение сеанса измерения; $N_{\text{ош}}$ — количество посылок, которые на выходе КТМ имели искажения, превышающие установленную норму.

Для получения достаточной точности при оценке достоверности количество элементарных посылок N_0, переданных за сеанс измерения по КТМ, должно быть не менее 10^3—10^4, поэтому минимальная длительность сеанса измерения достоверности определяется по формуле:

$$T_{\text{сн}\, min} = 10^3 \tau_э = \frac{10^3}{N}. \qquad (5)$$

Если канал телемеханики имеет $k_{\text{ош}} \geqslant 3 \cdot 10^{-3}$, то он считается неудовлетворительным и должны быть приняты меры по его восстановлению. Если $5 \cdot 10^{-4} \leqslant k_{\text{ош}} \leqslant 2 \cdot 10^{-3}$, то КТМ считается удовлетворительным, хороший КТМ должен иметь $k_{\text{ош}} \leqslant 4 \cdot 10^{-4}$.

Дискретная посылка считается искаженной, если ее длительность на выходе КТМ не равна длительности соответствующей посылки на входе КТМ. На рис. 5,*а* представлена временная диаграмма двухполярных элементарных посылок постоянного тока, поступающих с передающего устройства на вход КТМ. Длительность посылок одинакова. Моменты времени, в которые посылки меняют свое значение, принято называть характеристическими моментами модуляции (ХММ).

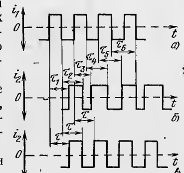


Рис. 5. Временная диаграмма дискретных посылок на входе КТМ (*а*) и на выходе КТМ (*б, в*) при синхронной передаче посылок

На выходе КТМ посылки могут быть приняты с искажением (рис. 5,*б*) или без искажений (рис. 5,*в*). Моменты времени, в которые посылки на выходе КТМ меняют свой знак, называются характеристическими моментами восстановления импульса (ХМВ). Как правило, ХМВ посылок отстает по времени от соответствующего ХММ. Это отставание называется временем запаздывания восстановления или запаздыванием восстановления.

При отсутствии в канале факторов, вызывающих искажения, запаздывание восстановления любой посылки име-

ет одну и ту же величину τ (рис. 5,*в*), которая определяется рабочей полосой частот пропускания КТМ, качеством модемов передачи и приема, сложностью построения КТМ (переприемы и т. д.). При наличии искажений запаздывание восстановления отдельных посылок $\tau_1 - \tau_0$ различно и может быть и больше, и меньше τ. Случай, когда запаздывание восстановления меньше τ, соответствует укорочению конца посылки, а случай, когда запаздывание восстановления превышает τ, соответствует укорочению начала посылки.

Если обозначить τ_{min} минимальное время запаздывания восстановления посылки, наблюдаемой за достаточно длительный отрезок времени, а τ_{max} — максимальное время запаздывания восстановления, то максимальные укорочения концов $\theta_к$ и начал $\theta_н$ посылок определяется выражениями:

$$\left.\begin{aligned} \theta_к &= \tau - \tau_{min}; \\ \theta_н &= \tau_{max} - \tau. \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

Общее укорочение посылок может быть рассчитано так:

$$\theta_{общ} = \theta_н + \theta_к = \tau_{max} - \tau_{min}. \qquad (7)$$

Абсолютное искажение посылок, %, определяется как отношение $\theta_{общ}$ к длительности элементарной посылки:

$$\delta_{общ} = \frac{\theta_{общ}}{\tau_э} 100 = \frac{\tau_{max} - \tau_{min}}{\tau_э} 100 = N_0 (\tau_{max} - \tau_{min}) 100. \qquad (8)$$

Отсюда следует, что при $\tau_{max} = \tau_{min}$, т. е. при постоянном времени задержки посылок, искажение равно нулю. Тип используемых устройств телемеханики определяет вид передачи информации: синхронная передача, при которой передающее и приемное устройства телемеханики работают синхронно и синфазно, или стартстопная передача, при которой синхронизация и синфазность приемника и передатчика осуществляются по циклам. В первом случае качество передачи оценивается синхронными искажениями. В соответствии с нормами МКТТ синхронные искажения оцениваются отношением максимальной разности между реальным и теоретическим интервалами, разделяющими два любых значения ХМВ, к длине элементарной посылки [см. формулу (8)].

В соответствии с рекомендациями МКТТ стартстопные искажения, %, определяются по формуле:

$$\delta_{ст} = \frac{\theta_{max}}{\tau_э} 100, \qquad (9)$$

где θ_{max} — максимальная измеренная разность между поступившим и теоретическим интервалами, разделяющими любой ХМВ в стартстопный переход. Смещение стартстопного перехода условно полагается равным нулю, а теоретические интервалы определяются относительно этого нулевого периода.

На рис. 6,*а* показано расположение ХММ ($\tau_1 \div \tau_5$) в стартстопной комбинации посылок на входе КТМ. Значения $\tau'_1 \div \tau'_5$ на рис. 6,*б* определяют интервалы времени между стартстопным переходом и ХМВ посылок. Величина θ определяется наибольшим из значений:

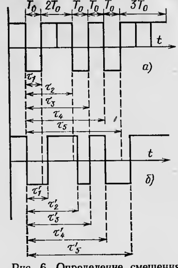


Рис. 6. Определение смещения ХМВ при стартстопной передаче посылок

$$\left.\begin{aligned} &\theta_1 = \tau_1 - \tau'_1;\ \theta_2 = \tau_2 - \tau'_2; \\ &\theta_3 = \tau_3 - \tau'_3;\ \theta_4 = \tau_4 - \tau'_4;\ \theta_5 = \tau_5 - \tau'_5. \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

Приемное устройство телемеханики характеризуется исправляющей способностью, т. е. способностью правильно воспринимать знак дискретной посылки при наличии в КТМ краевых искажений. Исправляющая способность приемника равна максимальному значению краевых искажений посылок, при котором приемник еще правильно воспринимает посылки. Максимально допустимое значение искажения посылки в КТМ определяется по формуле:

$$\delta_д = \mu_т - З_{н,и}, \qquad (11)$$

где $\mu_т$ — исправляющая способность устройства телемеханики, используемого в данной системе; $З_{н,и}$ — нормированный запас КТМ по искажениям.

Значение $З_{н,и}$ выбирается 10—20% в зависимости от сложности и назначения КТМ. Все посылки, краевые искажения которых превышают значение $\delta_д$, считаются ошибочно принятыми посылками. Для измерения достоверности передачи информации по КТМ существуют специ-

альные измерители достоверности, а для измерения краевых искажений посылок — измерители краевых искажений, например, ИКИ-С и ИКИ-Ст, выпускаемые отечественной промышленностью.

Зная максимальное искажение посылок, качество КТМ можно оценить эксплуатационным запасом канала по искажениям, определенным по формуле:

$$З_{э,и} = |\delta_д - \delta_{max}|. \qquad (12)$$

Если $З_{э,и}$ отрицателен, то КТМ не отвечает норме и не должен вводиться в эксплуатацию.

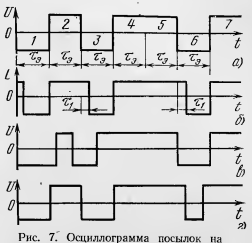


Рис. 7. Осциллограмма посылок на входе КТМ (*а*) и на выходе КТМ при преобладаниях (*б*), случайных искажениях (*в*) и характеристических искажениях (*г*)

Краевые искажения посылок в зависимости от их характера и причин возникновения подразделяются на преобладания, случайные искажения и характеристические искажения. Преобладания или регулярные искажения проявляются в том, что при передаче по КТМ симметричных (одинаковой длительности) посылок разного знака на приемном конце КТМ наблюдается постоянное увеличение длительности посылок одного знака и соответствующее уменьшение длительности посылок другого знака. На рис. 7,*а* приведена осциллограмма посылок на входе КТМ, а на рие. 7,*б* — осциллограмма посылок на выходе КТМ при наличии преобладаний. Из рис. 7,*б* видно, что в данном случае искажение преобладания проявилось в уменьшении длительности всех отрицательных посылок (посылки *1*, *3* и *6*) на τ_1 и увеличении длительности всех положительных посылок (посылки *2*, *4* и *5*) на ту же величину τ_1. При случайных искажениях длительность посылок меняется по случайному закону, что видно на осциллограмме по рис. 7,*в*, где посылки *1*, *4* и *5* удлинились, посылки *2* и *3* укоротились, а посылка *6* не изменила своей длительности.

Характеристические искажения (рис. 7,*г*) проявляются в уменьшении длительности элементарной посылки *6*, непосредственно следующей за удлиненной посылкой *4*, *5* другого знака. Как видно из осциллограммы, серия элементарных посылок *1*, *2* и *3*, предшествующая удлиненной посылке *4* и *5*, при наличии в КТМ характеристических искажений не искажается. Отсюда следует правило: для измерения характеристических искажений в КТМ необходимо использовать испытательные комбинации посылок, следующих за удлиненными посылками другого знака. При измерении случайных искажений и преобладаний, как правило, используют комбинации, состоящие из последовательности элементарных посылок различного знака («точки»).

Причинами, вызывающими преобладания в КТМ, являются:

нарушение оптимального режима работы МПРД; изменение характеристических частот передачи или нарушение симметрии частотного модулятора;

наличие частотной погрешности в канале связи, обусловленной отклонением несущих частот АВС от номинальных значений;

нарушение оптимального режима работы МПРД;

нарушение симметрии частотного дискриминатора и формирующего выходного устройства.

Преобладание посылок в КТМ практически всегда можно устранить соответствующей регулировкой аппаратуры. Обычно искажения этого вида не должны превышать 2—3%.

Случайные искажения посылок вызываются следующими факторами:

паразитной частотной модуляцией тонального сигнала в модемах передачи и приема КТМ;

паразитной частотной модуляцией сигналов несущих частот аппаратуры ВЧ связи;

наличием взаимных влияний между сигналами разных каналов в групповых узлах АВС;

скачкообразными изменениями остаточного затухания в канале связи;

скачкообразными изменениями фазы несущих частот в АВС;

линейными помехами, возникающими в ЛВТ при коронировании, частичных пробоях изоляции и коммутации оборудования высокого напряжения;

линейными помехами, обусловленными воздействием на данный канал связи сигналов посторонних передатчиков;

линейными помехами атмосферного происхождения.

Если обозначить $\Delta f_{\text{пм}}$ паразитную частотную девиацию сигнала тональной частоты КТМ, вызванную воздействием помех в МПРД или паразитной частотной модуляцией сигналов несущих частот АВС, то краевые искажения посылок, обусловленные этой модуляцией, определяются по формуле, %:

$$\delta = kN \frac{\Delta f_{\text{пм}} \left[1 + 0{,}54 \left(\frac{p_A + 1}{p_A - 1} \right)^2 \right]}{\Delta F_{\text{д}} \Delta F} 100, \qquad (13)$$

где $\Delta F_{\text{д}}$—девиация сигнала несущей КТМ; ΔF—полоса рабочих частот КТМ; k — коэффициент, равный 1 при $\Delta f_{\text{пм}} < 0{,}1 \Delta F_{\text{д}}$ и $k = 1{,}3$ при $\Delta f_{\text{пм}} \geqslant 0{,}1 \Delta F_{\text{д}}$; p_A — коэффициент девиации, определяемый по формуле:

$$p_A = \Delta F / 2 \Delta F_{\text{д}}. \qquad (14)$$

Искажения, вызываемые скачкообразным изменением фазы несущей частоты преобразователей АВС на $\Delta \varphi_A$, определяются по формуле, %:

$$\delta = \frac{0{,}4}{\Delta F} \left| \operatorname{tg} \frac{\Delta \varphi_A}{2} \right| 100. \qquad (15)$$

Изменение фазы несущей частоты АВС чаще всего возникает при скачкообразных изменениях питающего напряжения, при переключении электропитания на резервное, а также в системах связи с принудительной синхронизацией несущих частот (например, в аппаратуре типа АСК).

Скачкообразное изменение на $\Delta p_{\text{с}}$ уровня тонального сигнала на входе МПРМ вызывает появление добавочного искажения посылки, которое определяется по формуле, %:

$$\delta = \frac{3N}{\Delta F} \Delta p_{\text{с}} \, 100. \qquad (16)$$

На рис. 8,*а* приведена осциллограмма суммарной помехи, которая в общем случае является совокупностью гладкой, импульсной и гармонической помех. Гладкие помехи

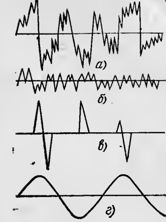


Рис. 8. Осциллограммы помех на выходе канала связи:
суммарной (*а*), гладкой (*б*), импульсной (*в*) и гармонической (*г*)

(рис. 8,*б*) характеризуются нерегулярностью амплитуд и длительностей своих составляющих. Импульсные помехи (рис. 8,*в*) представляют собой однополярные или двухполярные импульсы тока значительной амплитуды, причем длительность этих импульсов во много раз меньше интервалов времени между появлением двух соседних импульсов. Гармоническая помеха (рис. 8,*г*) — это одночастотный или модулированный синусоидальный сигнал произвольной длительности. Наличие в КТМ постоянной гармонической помехи вызывает появление краевых искажений посылок, значение которых регулярно меняется в зависимости от соотношения фаз помехи и рабочего сигнала КТМ в момент изменения знака посылки. Максимальное искажение, обусловленное наличием гармонической помехи, определяется не только соотношением уровней полезного сигнала и помехи на выходе фильтра приема МПРМ, но и частотой гармонической помехи. Наибольшие искажения наблюдаются, если частота гармонической помехи совпадает с частотой настройки дискриминатора МПРМ. Искажения посылок от гармонической помехи, %, определяются по формуле:

$$\delta = \frac{e^{-0{,}115 \Delta p_{\text{сп}} \sqrt{p_A}}}{\Delta F} N_0 |\Delta f_{\text{п}}| 100, \qquad (17)$$

где $\Delta f_{\text{п}}$ — разность между частотой помехи и средней частотой КТМ; $\Delta p_{\text{с, п}} = p_{\text{с}} - p_{\text{п}}$ — разность уровней тонального сигнала и гармонической помехи на выходе приемного фильтра МПРМ.

Оптимальное значение коэффициента p_A для КТМ равно 1,4, при этом максимальные искажения посылок от гармонической помехи, %, определяются по формуле:

$$\delta_{max} = \frac{N_0 \, e^{-0{,}115 \Delta p_{\text{с, п}}}}{\Delta F} 100. \qquad (18)$$

Воздействие гладких помех следует оценивать по среднему значению краевых искажений посылок, которое опре-

деляется по формуле, %:

$$\delta_{\text{ср}} = \frac{N_0\, e^{-0{,}115\Delta p_{\text{с,п}}}}{2\Delta F} 100. \qquad (19)$$

Искажения посылок от импульсных помех зависят от амплитуды напряжения импульсной помехи ($U_{\text{п,и}}$) на выходе приемного фильтра МПРМ и определяются по формуле, %:

$$\delta_{\text{и}} = \frac{53{,}5 U_{\text{п,и}} N_0}{\Delta F U_{\text{с}}}, \qquad (20)$$

где $U_{\text{с}}$ — напряжение сигнала тональной частоты на выходе фильтра МПРМ.

Характеристическими искажениями называются искажения, вызванные наличием нестационарных процессов нарастания огибающей дискретного сигнала при прохождении его по КТМ. Источником характеристических искажений могут быть полосовые фильтры МПРМ и МПРД, длинные соединительные кабели, модуляторы МПРД, дискриминаторы и детекторы МПРМ. Характеристические искажения, обусловленные фильтрами, не возникают, если максимальная скорость передачи по КТМ не превышает значения, определяемого по формуле:

$$N_{max} = \frac{1}{k\Delta F}, \qquad (21)$$

где $1{,}15 \leqslant k \leqslant 1{,}3$ в зависимости от сложности КТМ.

Значение ΔF определяется экспериментально измерением частотной характеристики затухания участка КТМ, расположенного между входом фильтра МПРД и выходом полосового фильтра МПРМ. На рис. 9 представлены типовые характеристики указанного участка КТМ, выраженные зависимостью $\Delta a = \varphi(f)$, при этом

$$\Delta a = a_f - a_{min}, \qquad (22)$$

где Δa — рабочее затухание участка на частоте $f_{\text{в,к}}$; a_{min} — минимальное значение затухания в полосе рабочих частот КТМ.

Если частотная характеристика КТМ имеет плавный характер (рис. 9,*а*), то полоса рабочих частот КТМ определяется разностью частот $f_{\text{в,к}}$ и $f_{\text{н,к}}$, на которых $\Delta a = 6$ дБ. Если частотная характеристика КТМ соответствует кривой на рис. 9,*б*, то полоса рабочих частот КТМ определяется граничными частотами, на которых $\Delta a = 2{,}5$ дБ.

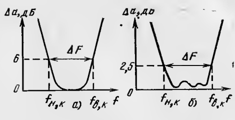


Рис. 9. Типовые частотные характеристики затухания участка КТМ

Достоверность передачи информации, характеризующая качество КТМ, может быть выражена с помощью вторичных параметров КТМ. Этими параметрами являются соотношение уровней полезного сигнала и помехи на выходе приемного фильтра МПРМ $\Delta p_{\text{с,п}}$, скорость передачи N, рабочая полоса частот КТМ ΔF, девиация частоты тонального сигнала телемеханики $\Delta F_{\text{д}}$ и т. д. Наладка КТМ производится в два этапа. На первом этапе выполняются мероприятия, направленные на доведение всех вторичных параметров КТМ до установленных норм. На втором этапе производятся контрольные измерения достоверности передачи информации по КТМ, измерения при влиянии различных факторов на запас КТМ, и принимаются соответствующие меры, если указанные показатели качества КТМ не соответствуют нормам. Достоверность передачи по КТМ аналоговых сигналов телемеханики определяется не непосредственно, а по соответствию параметров сигналов на выходе КТМ нормам.

Передача аналоговых первичных сигналов считается достоверной, если:

а) частота сигнала на выходе КТМ соответствует частоте первичного сигнала на входе КТМ;

б) коэффициент нелинейности аналогового сигнала на выходе КТМ (при любой рабочей частоте сигнала) не превышает 20% при простом КТМ и 30% при наличии в КТМ переприемов;

в) амплитудно-частотная характеристика аналоговых сигналов на выходе КТМ имеет неравномерность $\Delta_{\text{АЧХ}} \leqslant 3$ дБ при простом КТМ и $\Delta_{\text{АЧХ}} \leqslant 6$ дБ при КТМ с переприемами. Неравномерность АЧХ определяется по формуле:

$$\Delta_{\text{АЧХ}} = 20 \lg \frac{U_{max}}{U_{min}}, \qquad (23)$$

где U_{max} и U_{min} — максимальное и минимальное значения напряжения аналогового сигнала на выходе КТМ при изменении его частоты в пределах нормированных рабочих частот;

г) напряжение аналогового сигнала средней частоты на выходе КТМ соответствует номинальному значению с точностью $\pm1{,}0$ дБ для простого КТМ и $\pm2{,}0$ дБ для КТМ с переприемами. Нестабильность напряжения во времени не более $\pm1{,}5$ дБ для простого и $\pm2{,}5$ дБ для сложного КТМ;

д) уровень помех на выходе КТМ ниже уровня аналогового сигнала средней частоты не менее чем на 22 дБ.

Надежность КТМ характеризуется коэффициентом готовности, который представляет собой вероятность того, что данный КТМ обеспечивает передачу информации с заданной достоверностью в любой момент времени. Определение коэффициента готовности $K_г$ базируется на статистических данных об отказах элементов, составляющих КТМ, и всего КТМ в целом. Отказом следует считать любое нарушение нормальной работы КТМ, длительность которого превышает установленную для данного КТМ норму.

Коэффициент готовности определяется по формуле:

$$K_г = \frac{T_{н.о}}{T_{н.о} + T_в}, \qquad (24)$$

где $T_{н.о}$ — наработка на отказ; T_b — среднее время восстановления.

Наработкой на отказ называется средний интервал времени между двумя соседними отказами

$$T_{н.о} = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n} T_{oi}, \qquad (25)$$

где n — количество отказов КТМ, наблюдаемое за интервал сеанса связи; T_{oi} — интервал времени между двумя произвольными во времени $(i-1)$- и i-м отказами.

Средним временем восстановления называется средний интервал времени, необходимый для обнаружения и устранения причин отказа:

$$T_в = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n} T_{вi}, \qquad (26)$$

где $T_{вi}$ — интервал времени, затраченного на обнаружение и устранение i-го отказа.

В некоторых случаях для оценки надежности КТМ используют понятие коэффициента потерь, который определяется по формуле

$$K_п = 1 - K_г. \qquad (27)$$

Интервалом сеанса связи $T_с$ называют интервал времени между двумя соседними полными ревизиями КТМ. Эти ревизии определяются планом профилактических работ, обычно $T_с = 8000 \div 8500$ ч. После выполнения наладочных работ надежность КТМ определяется при $T_с = 72$ ч в период тренировочной эксплуатации и при $T_с = 1500$ ч в период опытной эксплуатации КТМ. Если обозначить $T_р$ суммарное время нормальной работы КТМ за сеанс связи $T_с$, то коэффициент готовности определится по формуле:

$$K_г = \frac{T_р}{T_с} = 1 - \frac{T_п}{T_с}, \qquad (28)$$

где $T_п$ — суммарное время простоя КТМ за сеанс связи.

Коэффициент готовности КТМ дожен быть не менее 0,995.

3. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ

Надежность работы КТМ в значительной мере определяется качеством выполнения первоначальных наладочных работ, проводимых при вводе КТМ в эксплуатацию. Целью этих работ является устранение всех дефектов оборудования, вводимого в эксплуатацию, и достижение оптимальных режимов работы этого оборудования в конкретных условиях построения данной системы телемеханики.

В объем работ при вводе КТМ в эксплуатацию входят следующие этапы:

подготовительные работы;

наладка модемов передачи и приема;

контрольные измерения и испытания системы связи;

наладка и паспортизация КТМ;

тренировочная эксплуатация КТМ и устранение дефектов, выявленных в процессе этой эксплуатации;

сдача КТМ в эксплуатацию.

Указанный объем работ обязателен как при вводе КТМ в эксплуатацию силами специализированных наладочных организаций, так и при вводе КТМ в эксплуатацию силами служб СДТУ энергосистем.

Подготовительные работы включают: анализ проекта системы телемеханики, подготовку рабочих мест, внешний осмотр оборудования и оценку качества выполнения монтажных работ на объектах.

Целью анализа проекта системы телемеханики является не только уточнение объемов наладочных работ, но и выявление конкретных особенностей данной системы телемеханики, которые должны быть учтены в процессе выполне-

ния наладочных работ. При рассмотрении проекта уточняются тип первичных устройств телемеханики, вид первичных сигналов и номинальные значения напряжений этих сигналов на выходе передающего устройства телемеханики и входе приемного устройства телемеханики, пределы изменения частоты первичного аналогового сигнала или эксплуатационная способность ПРУТ. Оцениваются схемы присоединения устройств телемеханики к модемам передачи и приема КТМ. При наличии длинных соединительных кабелей учитывается необходимость проведения специальных измерений, помех в них и оценки качества прохождения по ним дискретных первичных сигналов.

Значительное внимание при анализе проекта уделяется оценке системы связи, по которой предполагается передача сигналов телемеханики. При организации многоканальных систем телемеханики (6—12 каналов) для передачи сигналов выделяется целый канал телефонной связи с полосой частот передачи 0,3—2,4 или 0,3—3,4 кГц. Для организации малоканальных (1—4 канала) систем телемеханики в спектре частот телефонного канала связи с помощью фильтров выделяют полосу частот группового канала телемеханики (ГТМ). Групповым каналом телемеханики называется совокупность элементов аппаратуры связи, обеспечивающая выделение указанной полосы частот и передачу в этой полосе частот.

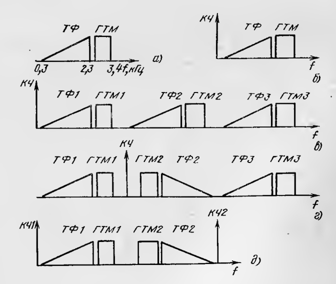


Рис. 10. Спектры частот системы связи

На рис. 10,*а* показан наиболее распространенный вариант использования спектра частот канала связи, при котором полоса частот от 0,3 до 2,3 кГц отводится для телефонного канала *ТФ*, а полоса частот от 2,6 до 3,4 кГц— для группового канала телемеханики *ГТМ*. На рис. 10,*б* приведен спектр линейных частот передачи одноканальной системы связи, в котором кроме частот каналов *ТФ* и *ГТМ* присутствует сигнал контрольной частоты *КЧ*, предназначенный для управления системой АРУ приемной части АВС. Спектры линейных частот трехканальных систем связи, приведенные на рис. 10,*в* и *г*, отличаются не только расположением сигнала *КЧ*, но и расположением спектров *ТФ* и *ГТМ*. На рис. 10,*д* приведен спектр линейных частот двухканальной системы связи, в которой предусмотрено два сигнала *КЧ*. Образование ГТМ в различной АВС выполняется по-разному. В аппаратуре типов КМК-64, СПИ-244, СПИ-122 все элементы КТМ, включая модемы приема и передачи, фильтры и усилители ГТМ располагаются в единой конструкции с элементами АВС. В этом случае ГТМ как самостоятельная часть КТМ не выделяется и не паспортизуется. В аппаратуре типов ВЧА, АСК предусмотрены только фильтры и усилители ГТМ, а модемы передачи и приема отсутствуют. При наладке системы телемеханики с использованием указанной аппаратуры ГТМ рассматривается как самостоятельный элемент КТМ, который налаживается и паспортизуется отдельно без модемов передачи и приема КТМ. Особое внимание при рассмотрении проекта КТМ необходимо обратить на анализ условий прохождения сигналов телемеханики по каналу связи. В соответствии с рис. 10 через общие групповые элементы АВС, как правило, проходят одновременно сигналы разных каналов. Количество этих сигналов определяется канальностью АВС и количеством КТМ в рассматриваемой системе связи. Если групповые элементы АВС обладают нелинейной амплитудной характеристикой, то при прохождении через эти элементы сигналов различных каналов возникают комбинационные помехи, которые, попадая в полосу рабочих частот какого-либо канала, проявляются в виде влияний. При прохождении через нелинейный элемент двух сигналов с частотами F_1 и F_2 и амплитудами напряжения U_1 и U_2 частоты комбинационных помех $F_{к1}$ и $F_{к2}$ и амплитуды напряжений $U_{к1}$ и $U_{к2}$ этих помех определяются по формулам:

$$\left.\begin{aligned} F_{к1} &= 2F_1 \pm F_2; \\ F_{к2} &= 2F_2 \pm F_2; \end{aligned}\right\} \qquad (29)$$

$$U_{к1} = 0,525 U_1^2 U_2 a_н; \quad U_{к2} = 0,525 U_2^2 U_1 a_н, \qquad (30)$$

где $a_н$ — коэффициент, учитывающий степень нелинейности амплитудной характеристики элемента группового тракта АВС.

В (30) берется квадрат амплитуды напряжения того сигнала, частота которого в (29) удваивается.

В общем случае в канале связи могут наблюдаться комбинационные помехи пяти типов, данные о которых приведены в табл. 1. Частоты этих помех определяются по (29) с учетом частот взаимодействующих сигналов в тракте промежуточной или высокой частоты АВС.

Амплитуды напряжений комбинационных помех в табл. 1 вычислены по (30) с учетом того, что при оптимальном режиме работы АВС между напряжениями сигналов разных каналов обычно выполняются соотношения:

$$U_{КЧ} = U_{ТМ}; \quad U_{ТФ} = 3U_{КЧ} = 3U_{ТМ}. \qquad (31)$$

При анализе условий прохождения сигнала телемеханики по каналу связи следует учитывать, что помехи разного типа оказывают разное влияние на КТМ. Помехи типа I

Таблица 1. **Помехи от нелинейности тракта**

Тип	Взаимодействующие сигналы	Частота, кГц	Амплитуда напряжения, мВ	Уровень, дБ
I	Два сигнала КЧ Два сигнала ТМ Сигналы КЧ+ТМ	$2f_{КЧ1} \pm f_{КЧ2}$ $2f_{ТМ1} \pm f_{ТМ2}$ $2f_{КЧ1} \pm f_{ТМ}$ и т. д.	$U_{в1} = 0,525 a_н U_{КЧ}$	$p_{в1}$
II	КЧ + ТФ ТМ + ТФ	$2f_{КЧ1} \pm f_{ТФ}$ $2f_{ТМ} \pm f_{ТФ}$	$U_{в2} = 3U_{в1}$	$p_{в2} = p_{в1} + 9,6$
III	ТФ + КЧ ТФ + ТМ	$2f_{ТФ} \pm f_{КЧ}$ $2f_{ТФ} \pm f_{ТМ}$	$U_{в3} = 9U_{в1}$	$p_{в3} = p_{в1} + 19$
IV	Сигналы одного канала ТФ	$2f_{ТФ11} \pm f_{ТФ12}$ $2f_{ТФ21} \pm f_{ТФ11}$	$U_{в4} = 3,3U_{в1}$	$p_{в4} = p_{в1} + 10,6$
V	Сигналы двух каналов ТФ	$2f_{ТФ1} \pm f_{ТФ2}$ $2f_{ТФ2} \pm f_{ТФ1}$	$U_{в5} = 27U_{в1}$	$p_{в5} = p_{в1} + 28,6$

имеют характер одночастотной или частотно-модулированной селективной помехи. Такие помехи, проникая в полосу рабочих частот КТМ, вызывают краевые искажения дискретных сигналов, значение которых периодически меняется от минимального до максимального. Минимальное и максимальное значения искажений определяются соотношением уровней полезного сигнала и помехи на выходе фильтра модема приема и значением частоты помехи. Помехи типов II—V имеют импульсный характер, причем их длительность и амплитуда меняются по случайному закону. Особое место среди этих помех занимают помехи, вызванные взаимодействием сигналов тонального вызова между собой или с сигналами ТМ и КЧ. Уровень этих помех соответствует данным табл. 1, а длительность их воздействия в зависимости от схемы построения автоматики телефонного канала лежит в пределах от 50—60 мс до нескольких секунд. Импульсные помехи, попадая в рабочую полосу частот КТМ, вызывают случайные краевые искажения и дробление дискретных сигналов. На рис. 11 приведены номограммы для определения частот сигналов, создающих комбинационные помехи в КТМ. Номограммы рассчитаны для систем связи с базовой полосой частот 4 кГц и пригодны для анализа систем связи, выполненных на аппаратуре типов СПИ, АСК, ВЧА.

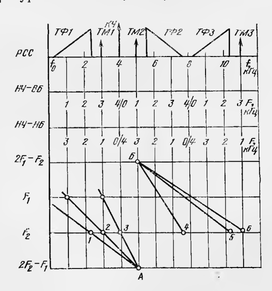


Рис. 11. Номограммы для определения частот комбинационных помех, влияющих на КТМ

В номограммах предусмотрена шкала рабочего спектра системы связи *РСС*, шкала низкочастотных сигналов *НЧ—ВБ* для определения исходных сигналов рабочего спектра канала при передаче на верхней боковой полосе частот преобразования, шкалы низкочастотных сигналов *НЧ—НБ* для случая передачи на нижней боковой полосе частот, ось комбинационных помех вида $2F_1—F_2$, ось комбинационных помех вида $2F_2—F_1$ и оси влияющих сигналов F_1 и F_2.

Методику анализа влияния с помощью номограмм рассмотрим на примере системы связи, спектр рабочих частот которой приведен на рис. 10,*г*.

Совмещаем спектр частот рассматриваемой системы со шкалой *РСС* номограммы. Частота $f_н$ шкалы *РСС* для каждого сигнала f_c анализируемого спектра частот определяется по формуле:

$$f_н = f_c - f_0. \tag{32}$$

Если обозначить $f_{0,3}$ частоту сигнала телефонного канала, расположенного в начале анализируемого спектра и соответствующего передаче по этому каналу низкочастотного сигнала 300 Гц, то f_0, кГц:

$$f_0 = f_{0,3} - 0{,}3 \tag{33}$$

при передаче сигналов указанного канала на верхней боковой полосе частот и

$$f_0 = f_{0,3} - 3{,}7 \tag{34}$$

при передаче на нижней боковой полосе частот.

Определим, например, сигналы, влияющие на *ТМ2*. Проецируем частоту *ТМ2* на оси $2F_1—F_2$ и $2F_2—F_1$ и отмечаем на этих осях точки *А* и *Б*. Проецируем на ось F_2 правую граничную частоту *ТФ1* (точка *1*), *ТМ1* (точка *2*), *КЧ* (точка *3*), правую граничную частоту *ТФ2* (точка *4*), правую граничную частоту *ТФ3* (точка *5*) и *ТМ3* (точка *6*). Проводим прямые линии *А1*, *А2*, *А3*, *Б4*, *Б5*, *Б6* до пересечения с осью F_1. Прямая *А1* пересекает ось F_1 вне спектра *ТФ1*, и помехи типа IV, возникающие в канале *ТФ1* на *ТМ2* сказываться не будут. Прямая *А2* пересекает ось F_1 в точке, соответствующей по шкале *НЧ—ВБ* частоте *1* кГц канала *ТФ1*, следовательно, взаимодействие сигнала *ТФ1* с частотой 1 кГц и сигналом *ТМ1* создаст в *ТМ2* помеху типа II. Прямая *А3* пересекает ось F_1 на частоте *ТМ1*, откуда следует, что взаимодействие сигналов *КЧ* и *ТМ1* создаст в *ТМ2* помеху типа I. Прямая *Б4* пересекает ось F_1 на частоте 1,65 кГц *ТФ2* (по шкале *НЧ—НБ*), что показывает наличие влияния на *ТМ2* помех IV типа, создаваемых взаимодействием сигналов *ТФ2*.

Прямая *Б5* пересекает ось F_1 между спектрами каналов *ТФ2* и *ТФ3*, но если провести вспомогательную прямую *Б7*, проходящую, например, через точку оси F_1, соответствующую сигналу *ТФ3* частотой 2 кГц, то эта прямая пересечет ось в зоне частот канала *ТФ2*. Таким образом, от взаимодействия сигналов каналов *ТФ2* и *ТФ3* в канале *ТМ2* следует ожидать появления помех типа V.

Прямая *Б6* пересекает ось F_1 в зоне отсутствия сигналов, откуда следует, что канал *ТМ3* не влияет на канал *ТМ2*.

Таким образом, на канал *ТМ2* воздействуют четыре сигнала комбинационных помех типов I, II, IV и V.

Из анализа следует, что при наладке канала *ТМ2* необходимо измерить напряжение комбинационных помех за приемным фильтром модема приема при передаче:

по системе связи только сигнала *ТМ1* и сигнала частотой 1 кГц по каналу *ТФ1* (помеха типа II);

по системе связи только сигнала *КЧ* и сигнала *ТМ1* (помеха типа I);

по каналу *ТФ2* двух сигналов, например сигнала частотой 2 кГц и сигнала частотой 1 кГц (помеха типа IV);

по каналу *ТФ2* сигнала частотой, например, 1 кГц и по каналу *ТФ3* сигнала частотой 1 кГц (помеха типа V).

Анализ условий работы каналов *ТМ1* и *ТМ3* данной системы связи показывает, что на канал *ТМ1* воздействует пять, а на канал *ТМ3* — шесть сигналов помех. В канале *ТМ1* следует ожидать помеху типа I от взаимодействия сигналов *КЧ* и *ТМ2*, помеху типа II от взаимодействия сигналов *ТФ2* и *ТМ3*, помеху типа IV от взаимодействия сигналов канала *ТФ1* и помеху типа V от взаимодействия сигналов *ТФ2* и *ТФ3*.

В канале *ТМ3* будут наблюдаться три помехи типа III от взаимодействия сигналов *ТФ2* с сигналами *ТМ1*, *ТМ2* и *КЧ*; две помехи типа V от взаимодействия сигналов *ТФ1* с *ТФ2* и *ТФ2* с *ТФ3*, одна помеха типа IV, вызванная возникновением сигналов в канале *ТФ3*. В табл. 2 приведены сводные данные о влиянии комбинационных помех на КТМ в системах связи с рабочими спектрами частот по рис. 10,*б*, *д*. В табл. 2 рассмотрены случаи, когда в каждом телефонном канале предусмотрено только по одному КТМ с рабочей частотой 3000 Гц. В общем случае в ГТМ могут располагаться несколько КТМ, и при этом не исключена возможность появления комбинационных помех в одном КТМ за счет влияния другого КТМ этого же ГТМ.

Таблица 2. **Влияние нелинейных преобразований в каналах связи**

Тип помехи	Количество сигналов помех в КТМ систем связи, выполненных по рисунку								
	10, *б*	10, *в*			10, *г*			10, *д*	
	ТМ	*ТМ1*	*ТМ2*	*ТМ3*	*ТМ1*	*ТМ2*	*ТМ3*	*ТМ1*	*ТМ2*
I	—	1	—	1	1	1	—	—	—
II	—	—	—	—	1	1	—	1	1
III	1	2	1	1	1	—	3	1	1
IV	1	2	2	1	1	1	1	1	1
V	—	1	1	2	1	1	2	—	—

Номограмма на рис. 11 и в этом случае позволяет определить как влияющие сигналы, так и степень их влияния. Анализ табл. 2 показывает, что условия работы КТМ в разных системах связи различны и наиболее надежные КТМ можно получить в системах, соответствующих спектрам частот, приведенным на рис. 10,*б*, *д*.

Если в КТМ имеются переприемы по низкой частоте, необходимо оценить качество принятого проектного решения. На рис. 12 приведены известные варианты выполнения переприемов с одного канала связи *КВС1* на другой канал связи *КВС2*. Вариант на рис. 12,*а* предусматривает прямое соединение выхода *ГТМ1*, *АВС1* со входом *ГТМ2*, *АВС2*. Такую схему можно применять только в тех случаях, когда выполняются следующие требования: полоса рабочих частот общего ГТМ обеспечивает передачу сигналов КТМ без искажений; суммарная частотная погрешность при передаче сигналов КТМ не превышает 2—3 Гц; максимальная нестабильность остаточного затухания *ГТМ1*, *КВС1* не превышает ±1,6 дБ. Последнее условие практически может быть выполнено только в системах ВЧ связи по ВЛ с высокостабильными параметрами ЛВТ, например в системах, работающих по изолированным проводам расщепленной фазы или грозозащитного троса.

Рис. 12. Устройства переприемов в сложном КТМ

Вариант на рис. 12,*б* предусматривает осуществление переприема с использованием модемов передачи и приема.

В тех случаях, когда в пункте переприема не требуется отбор сигналов КТМ, предусматривают узел согласования УС, через который осуществляют и отбор, и транзитное соединение КТМ. В этом случае к каждому КВС и ГТМ предъявляют обычные требования, указанные в § 6.

Переприем по схеме на рис. 12,*в* предусматривает использование модема приема, у которого имеется выход по сигналу тональной частоты. Этот выход соединяют с входными зажимами *ГТМ2*, *АВС2*, а отбор сигналов КТМ осуществляют с обычного выхода модема приема. Данная схема переприема наиболее проста и надежна, но ее можно использовать только при наличии КВС, общая частотная погрешность которых не превышает 2—3 Гц.

Серьезное внимание при анализе проекта должно уделяться вопросу резервного электропитания как АВС, так и модемов КТМ и устройств телемеханики.

Рабочее место для выполнения наладочных работ должно быть укомплектовано:

а) измерительными приборами: измерительным генератором звуковых частот с плавной регулировкой частоты в пределах от 10 Гц до 20 кГц, двумя электронными вольтметрами, цифровым частотомером, импульсным и электронным осциллографами, омметром, двумя магазинами емкостей для настройки частотно-зависимых элементов; измерителем краевых искажений дискретных сигналов, источником постоянного тока с регулятором выходного напряжения;

б) инструментами и приспособлениями: размножителем цепей питания, паяльником и т. д.;

в) запасными радиодеталями, в том числе резисторами, транзисторами и конденсаторами;

г) комплектом заводской технической документации.

В качестве измерителя краевых искажений дискретных сигналов рекомендуется использовать прибор ИКИ-С. Это устройство кроме датчика дискретных сигналов имеет измерительный узел, позволяющий определять краевые искажения дискретных сигналов, передаваемых по КТМ. Датчик ИКИ-С позволяет передавать комбинации посылок вида 1 : 1, 1 : 3, 3 : 1, 1 : 7, 7 : 1 и квазислучайный текст, составленный из 511 элементарных посылок. Скорости передачи сигналов могут устанавливаться в 50, 75, 100, 200, 600 и 1200 бод, а напряжение сигнала на выходе датчика может быть установлено 5—7, 20 или 60 В. Передача ведется двухполярными посылками постоянного тока.

При отсутствии стандартных измерителей краевых искажений дискретных сигналов в качестве датчика симметричных сигналов может

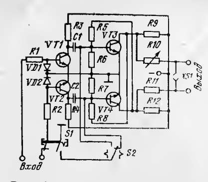


Рис. 13. Принципиальная схема датчика дискретных сигналов

быть рекомендован датчик, схема которого приведена на рис. 13. Датчик включает в себя два электронных ключа, выполненных на транзисторах *VT1* и *VT2*, симметричный триггер на транзисторах *VT3* и *VT4*, и два переключателя рода работы *S1* и *S2*. Вход датчика соединяется с выходом измерительного генератора низкочастотных сигналов. В положении переключателя *S1*, указанном на рис. 13, напряжение низкочастотного сигнала измерительного генератора воздействует на вход электронных ключей *VT1* и *VT2*, в коллекторных цепях которых формируются прямоугольные импульсы тока. Под воздействием этих импульсов срабатывает триггер, и на выходные зажимы датчика поступают двухполярные дискретные сигналы постоянного тока, скорость передачи которых в бодах равна удвоенному значению частоты сигнала, поступающего на вход датчика от измерительного генератора. Напряжение выходного сигнала датчика измеряется в гнезде *XS1* и может быть отрегулировано переменным резистором *R10*. При установке *S1* в противоположное положение на выходе датчика появляется напряжение, полярность которого меняется в зависимости от положения переключателя *S2*. Датчик может быть использован в качестве источника постоянного тока при наладке МПРД аналоговых сигналов.

4. НАЛАДКА МОДЕМОВ ПЕРЕДАЧИ

Функциональная схема модема передачи типа АПТ-100, АПТ-200, АПТ-300 приведена на рис. 14, где *ПУ* — пороговое устройство, *ФТУ* — формирующее триггерное устройство, *ЧМ* — частотный модулятор, *ТГ* — генератор тональной частоты, *УПРД* — усилитель передачи, *ФПРД* — фильтр передачи и *ЛСТ* — линейный согласующий трансформатор. Модемы передачи аппаратуры типов СПИ-122 и СПИ-244 не имеют узлов ПУ и ЛСТ, модемы типов ТАТ-65 и модемы аппаратуры КМК-64, предназначенные для передачи как дискретных, так и аналоговых первичных сигналов, не имеют устройств ПУ и ФТУ, кроме того, модемы КМК-64 не имеют ЛСТ. Несмотря на различие функциональных схем различных модемов и различия в построении отдельных узлов модемов, методика наладки модемов одинакова. Объем наладочных работ предусма-

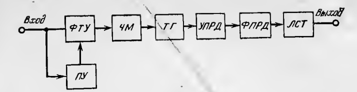


Рис. 14. Функциональная схема модема передачи

тривает: внешний осмотр МПРД, проверку цепей питания, наладку и паспортизацию фильтра передачи, регулировку параметров выходного сигнала, контрольные измерения основных параметров.

Внешний осмотр модема передачи осуществляется до его включения под напряжение. Целью осмотра являются выявление и устранение всех дефектов монтажа и конструкции, которые могли возникнуть в процессе транспортировки и складского хранения аппаратуры.

В соответствии с техническим описанием производится установка наружных перемычек на кроссировочных колодках аппаратуры. Особое внимание уделяется правильности включения ЛСТ в аппаратуре АПТ и ТАТ-65.

С учетом заводских рекомендаций в тех случаях, когда по данному ГТМ передается сигнал только одного МПРД, ЛСТ используется только в качестве элемента согласования выходного сопротивления ФПРД модема передачи с входным сопротивлением ГТМ и ЛСТ включается в соответствии со схемой на рис. 15,*а*. В тех случаях, когда по одному ГТМ осуществляется передача сигналов нескольких модемов передачи, ЛСТ используется как в качестве устройства согласования входных сопротивлений, так и в качестве развязывающего устройства, исключающего взаимное влияние реактивных составляющих входных сопротивлений ФПРД различных МПРД на качество частотных характеристик затухания в полосе пропускания указанных фильтров. В таком случае включение МПРД осуществляется в соответствии со схемой на рис. 15,*б*, где обмотки *I* и *II ЛСТ* совместно с резистором *R1* образуют

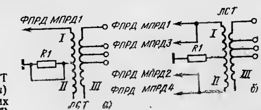


Рис. 15. Включение ЛСТ при одиночном КТМ (*а*) и при работе нескольких КТМ в одном тракте (*б*)

дифференциальную развязывающую систему, к двум независимым входам которой подключены выходы *ФПРД* соответствующих МПРД. Модемы передачи, имеющие сближенные полосы рабочих частот (например, *МПРД1* и *МПРД2* или *МПРД3* и *МПРД4*), подключаются к различным входам дифференциальной системы. В целях стандартизации схем включения оборудования, учитывая возможности дальнейшего увеличения количества каналов в ГТМ, а также наличие достаточного запаса уровня передачи МПРД, рекомендуется в качестве стандартной схемы включения использовать всегда схему на рис. 15,*б*, даже при наличии всего одного МПРД. Поэтому при подготовке МПРД к наладке следует подключить выход ФПРД к одной из полуобмоток *I* или *II ЛСТ*, включить резистор *R1* и выбрать отвод линейной обмотки *ЛСТ*, согласующий схему с нагрузкой 600 Ом.

После внешнего осмотра МПРД и установки нужных кроссировочных перемычек к МПРД подключается питающее напряжение и выполняются проверки режимов работы блока питания и соответствия режимов работы элементов по постоянному току паспортным данным аппаратуры. Первоначальное наличие питающих напряжений проверяют по прибору модема. Если показания прибора не соответствуют данным технического описания модема, определяются и устраняются причины отклонения. Определяются пульсации выпрямленных напряжений на выходе блока питания модема измерением напряжения $U_{=}$ вольтметром постоянного тока и напряжения пульсации $U_{\sim}$ вольтметром переменного тока. Коэффициент пульсации, %, определяется по формуле:

$$k=\frac{U_{\sim}}{U_{=}}100. \qquad (35)$$

Затем вольтметром постоянного тока измеряются напряжения на базах, коллекторах и эмиттерах транзисторов. При этом измерении сигнал генератора снимается. Результаты измерений сводятся в таблицу, которая должна быть составной частью электрического паспорта модема передачи.

Основным назначением ФПРД является ограничение полосы частот частотно-модулированного сигнала МПРД для исключения влияния частотных составляющих этого сигнала на другие каналы системы связи, по которой работает данный КТМ. Фильтры передачи МПРД выполняются по цепочечной схеме (рис. 16,*а*) или дифференциально-

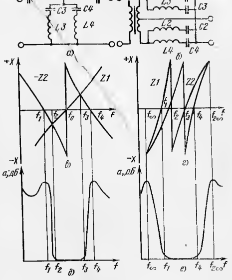


Рис. 16. Схема цепочечного (*а*) и дифференциально-мостикового (*б*) фильтров передачи и их характеристики (*в*—*е*)

мостиковой схеме (рис. 16,*б*). Цепочечный полосовой фильтр состоит из резонансных контуров *L1-C1* и *L2-C2*, составляющих последовательную цепь фильтра, и контуров *L3-C3* и *L4-C4*, составляющих параллельную цепь фильтра. Частота настройки контуров последовательной цепи определяется по формуле:

$$f_0=\frac{1}{2\pi\sqrt{L_1C_1}}=\frac{1}{2\pi\sqrt{L_2C_2}}, \qquad (36)$$

и численно равна средней частоте полосы пропускания фильтра. Сложный контур *L3-C3*, *L4-C4* параллельной цепи фильтра имеет три резонансные частоты:

$$f_1=\frac{1}{2\pi\sqrt{L_3C_3}}; \qquad (37)$$

$$f_0=\frac{1}{2\pi\sqrt{L_3+L_4}}\sqrt{\frac{C_3+C_4}{C_3C_4}}; \qquad (38)$$

$$f_4=\frac{1}{2\pi\sqrt{L_4C_4}}. \qquad (39)$$

Частота f_1 является частотой резонанса последовательного контура *L3-C3*, частота f_4 — частотой резонанса последовательного контура *L4-C4*, а частота f_0 является частотой резонанса параллельного сложного контура *L3-C3-L4-C4*. Частота резонанса f_0 сложного контура численно равна средней частоте рабочей полосы частот пропускания ФПРД, т. е. частоте настройки контуров *L1-C1* и *L2-C2*. На рис. 16,*в* кривая *Z1* соответствует частотной характеристике входного сопротивления последовательной цепи *L1-C1*, *L2-L2* фильтра, а кривая —*Z2* — частотной характеристике увеличенного в 4 раза и взятого с обратным

знаком входного сопротивления параллельной цепи фильтра.

На рис. 16,*д* приведена частотная характеристика рабочего затухания цепочечного фильтра. Сравнение рис. 16,*в* и *д* позволяет уточнить зависимость рабочего затухания фильтра от частот настройки его контуров. Пики бесконечного затухания фильтра совпадают с частотами f_1 и f_4, соответствующими резонансным частотам контуров *L3-C3* и *L4-C4*. Граничные частоты полосы частот пропускания фильтра f_2 и f_3 обусловлены точками на рис. 16,*в*, в которых совпадают значения *Z1* и *Z2*.

Дифференциально-мостиковый восьмиэлементный фильтр (рис. 16,*б*) содержит дифференциальный трансформатор *T* и четыре последовательных резонансных контура *L1-C1*; *L2-C2*; *L3-C3*; *L4-C4*, частоты настройки которых определяются соответственно формулами:

$$f_1=\frac{1}{2\pi\sqrt{L_1C_1}}=f_0\sqrt{1-2a}; \qquad (40)$$

$$f_2=\frac{1}{2\pi\sqrt{L_2C_2}}=f_0\sqrt{1-2a\varkappa}; \qquad (41)$$

$$f_3=\frac{1}{2\pi\sqrt{L_3C_3}}=f_0\sqrt{1+2a\varkappa}; \qquad (42)$$

$$f_4=\frac{1}{2\pi\sqrt{L_4C_4}}=f_0\sqrt{1+2a}, \qquad (43)$$

в этих формулах:

$$L_1=L_4;\ L_2=L_3; \qquad (44)$$

$$a=\frac{f_4-f_1}{2\,(f^2_1+f^2_4)}; \qquad (45)$$

$$\chi=\frac{L_1}{L_1+2L_2}; \qquad (46)$$

$$f_0=\sqrt{\frac{f^2_1+f^2_4}{2}}. \qquad (47)$$

На рис. 16,*г* кривая *Z1* соответствует частотной характеристике входного сопротивления плеча моста, образованного контурами *L1-C1* и *L3-C3*, а кривая *Z2* — плеча моста, образованного контурами *L2-C2* и *L4-C4* фильтра. Совместное рассмотрение кривых на рис. 16,*г* и частотной характеристики затухания фильтра, представленной на рис. 16,*е*, показывает, что граничные частоты полосы пропускания фильтра f_1 и f_4 определяются частотами настройки контуров соответственно *L1-C1* и *L4-C4*. В полосе частот пропускания фильтра значения входных сопротивлений *Z1* и *Z2* должны иметь различный характер. В полосе частот не-

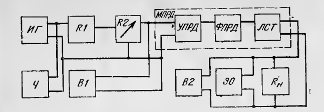


Рис. 17. Измерение параметров фильтра передачи

пропускания значения сопротивлений *Z1* и *Z2* имеют одинаковый знак. На частотах бесконечного затухания фильтра значения *Z1* и *Z2* равны.

Следует отметить, что в фильтрах, где χ=0,5, частот бесконечного затухания нет, и затухание в полосе частот непропускания фильтра возрастает плавно.

На основании изложенного следует, что наладка ФПРД сводится к настройке резонансных контуров на заданные частоты, контрольному измерению частотной характеристики затухания фильтра и корректировке этой характеристики путем подстройки соответствующих контуров в том случае, если она не соответствует нормам, указанным в техническом описании или паспорте МПРД.

Измерение и настройку фильтра передачи выполняют в следующей последовательности. Собирается схема измерения параметров фильтра в соответствии с рис. 17. Выход измерительного генератора *ИГ* через развязывающий резистор *R1* и потенциометр *R2* включается на вход усилителя передачи *УПРД*, который перед этим отключается от выхода генератора *МПРД*. Параллельно выходу *ИГ* включается цифровой частотомер *Ч*, а параллельно входу *УПРД* включается электронный вольтметр *В1*. Второй вольтметр *В2* и осциллограф *ЭО* включаются на выходе *МПРД* параллельно нагрузке $R_н$. В качестве *В2* рекомендуется использовать электронный вольтметр, шкала которого отградуирована и в вольтах (милливольтах), и в децибелах. При выведенном движке потенциометра *R2* устанавливают на выходе *ИГ* сигнал средней характеристической частоты *МПРД* с уровнем, достаточным для четкой работы частотомера. Меняя положение движка *R2*, добиваются получения на выходе *МПРД* сигнала с уровнем —6 дБ и отмечают соответствующее ему значение напряжения сигнала на входе *УПРД*. При неизменном значении этого напряжения медленно изменяют частоту *ИГ* до получения на выходе *МПРД* сигнала максимального уровня и отмечают частоту f_{01}, соответствующую этому сигналу. Движком потенциометра *R2* устанавливают уровень выходного сигнала частоты f_{01} равным —6 дБ. Уменьшая, а затем увеличивая частоту *ИГ*, определяют по частотомеру значения частот $f_{н1}$ и $f_{в1}$, при которых уровень сигнала на выходе *МПРД* становится равным —12 дБ. Подоб-

3—3058

ным же образом определяют частоты $f_{1\infty}$ и $f_{2\infty}$, при которых *В2* на выходе *МПРД* показывает минимальные значения уровня выходного сигнала, и регистрируют значения этих уровней. Измеряют уровни выходного сигнала *ИГ* на частотах, соответствующих нормированным частотам *ФПРД*, указанным в техническом описании данного *МПРД*. Измеряют уровни выходного сигнала при изменении частоты *ИГ* ступенями в 10—15 Гц в пределах от $f_{н1}$ до $f_{в1}$. По данным измерений строится график избирательности *ФПРД* как зависимости частоты $\Delta a_{ч,х}=\varphi(F)$, причем

$$\Delta a_{ч,х}=-6-p_F, \tag{48}$$

где p_F — уровень сигнала на выходе *МПРД*, соответствующий подаче с *ИГ* сигнала с частотой *F*.

Полученную характеристику фильтра сравнивают с нормирующим шаблоном для фильтра передачи, приведенным в техническом описании *МПРД*. Если характеристика не соответствует шаблону, то выполняется корректировка частот настройки соответствующих контуров с учетом положений, изложенных выше. Окончательная частотная характеристика фильтра в виде зависимости $\Delta a_{ч,х}=\varphi(F)$ помещается в состав электрического паспорта *МПРД*. После наладки и измерения *ФПРД* схема *МПРД* восстанавливается и производится настройка характеристических частот *МПРД*. В табл. 3 приведены номинальные значения параметров модемов различных типов.

Характеристические частоты f_0, $f_н$, $f_в$, указанные в табл. 3, соответствуют средней, нижней и верхней рабочим частотам модема. Номинальные значения девиации частоты $\Delta F_д$ и частотного сдвига $\Delta F_{сд}$ определяются через номинальные значения $f_н$ и $f_в$ по формулам (3).

В аппаратуре ТМТП, ТАТ-65, КМК-64 МПРД рассчитаны на передачу как дискретных, так и аналоговых сигналов, поэтому сигнал на выходе МПРД может принимать

Таблица 3. **Номинальные параметры основных модемов**

Тип модема	Номер канала $N_к$	Характеристические частоты, Гц: f_0	$f_н$	$f_в$	Девиация, Гц	Полоса рабочих частот, Гц	Скорость передачи, Бод
ТАТ-65	1—6	$400+180(N_к-1)$	f_0-45	f_0+45	45	140	50
ТАТ-65	7—16	$400+180(N_к-1)$	f_0-50	f_0+50	50	140	50
АПТ-100	1—3	$2640+200(N_к-1)$	f_0-60	f_0+60	60	140	100
АПТ-200	1	3000	2880	3120	120	250	200
АПТ-300	1	2880	2700	3060	180	400	300
КМК-64	1—3	$2070+180(N_к-1)$	f_0-40	f_0+40	40	120	50
СПИ-244	1	2640	2580	2700	60	150	100
СПИ-122	2	3000	2880	3120	120	260	200

любое значение частоты от $f_н$ до $f_в$, в том числе и f_0. В модемах АПТ и СПИ-244, СПИ-122, которые рассчитаны на передачу только дискретных сигналов, выходной сигнал может принимать только два значения частоты: $f_н$ или $f_в$, поэтому значение средней частоты таких модемов определяется по формуле:

$$f_0=0{,}5(f_в+f_н). \tag{49}$$

В МПРД дискретных сигналов, не имеющих ФТУ, и в МПРД аналоговых сигналов значения характеристических частот $f_н$ и $f_в$ должны соответствовать номинальному значению амплитуды напряжения первичных сигналов на входе МПРД соответствующей полярности. Если обозначить $U_{ном,с}$ номинальное значение напряжения дискретного первичного сигнала или эффективное значение напряжения первичного аналогового сигнала на входе МПРД, то значения $f_н$ и $f_в$ должны быть получены в МПРД дискретных сигналов при подключении на их вход источника постоянного тока напряжением $\pm U_{ном,с}$, а в МПРД аналоговых сигналов — напряжением $\pm 1{,}41 U_{ном,с}$. Вполне очевидно, что стабильность значений характеристических частот $f_н$ и $f_в$ в процессе эксплуатации таких модемов полностью определяется стабильностью напряжения первичного сигнала на их входах. В МПРД дискретных сигналов, имеющих ФТУ, формирование характеристических частот $f_н$ и $f_в$ осуществляется при напряжении первичного сигнала на входе МПРД, равном $(0{,}25—0{,}5)U_{ном,с}$. Значения этих частот не должны практически меняться при изменении напряжения первичного сигнала в пределах $(0{,}5—1{,}5)U_{ном,с}$. Таким образом, стабильность характеристических частот $f_н$ и $f_в$ в МПРД с ФТУ определяются только параметрами

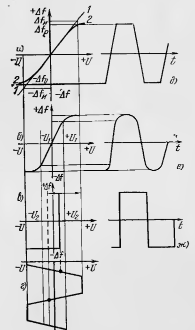


Рис. 18. Амплитудные характеристики МПРД, кривые изменения напряжения и частоты сигнала

ФТУ, ЧМ и ТГ и практически не зависит от изменения напряжения первичного сигнала в пределах $\pm$(30—50)%.

Качество МПРД, особенно в условиях передачи аналоговых сигналов, характеризуется амплитудной характеристикой передачи, представляющей собой зависимость отклонений частоты сигнала Δf на выходе МПРД от напряжения первичного сигнала на входе модема. На рис. 18 представлены амплитудные характеристики передачи: МПРД аналоговых сигналов (рис. 18,*а*), МПРД дискретных сигналов без ФТУ, но с ограничением в ЧМ (рис. 18,*б*), МПРД дискретных сигналов с ФТУ (рис. 18,*в*). На рис. 18,*г* приведена осциллограмма напряжения первичного сигнала, воздействующего на указанные МПРД, а на рис. 18,*д—ж* — кривые изменения частоты выходного сигнала соответствующих МПРД. Основным требованием, предъявляемым к МПРД аналоговых сигналов, является полное соответствие изменения частоты выходного сигнала изменению напряжения первичного сигнала, воздействующего на вход МПРД. Это требование удовлетворяется только при работе МПРД на прямолинейном участке амплитрудной характеристистики передачи. На рис. 18,*а* кривая *1* соответствует идеальной амплитудной характеристике передачи, а кривая *2* — реальной характеристике. Прямолинейной частью реальной амплитудной характеристики называется ее участок, в пределах которого значения частотного отклонения $\Delta f_р$ отличаются от значений частотного отклонения идеальной характеристики $\Delta f_и$ для тех же самых значений напряжения первичного сигнала не более чем на 2 дБ. Границами прямолинейного участка амплитудной характеристики являются значения напряжения модулирующего сигнала на входе МПРД, при которых

$$\Delta_{а.х} = 20 \lg \frac{\Delta f_и}{\Delta f_р} = 2, \qquad (50)$$

где $\Delta f_и$ — частотное отклонение выходного сигнала при идеальной амплитудной характеристике; $\Delta f_р$ — частотное отклонение при реальной амплитудной характеристике.

При передаче аналогового сигнала с номинальным значением эффективного напряжения $U_{ном, с}$ на входе МПРД амплитудная характеристика передачи данного МПРД должна быть прямолинейной при входном напряжении постоянного тока в пределах $\pm 1{,}5 U_{ном, с}$.

При передаче дискретных сигналов к амплитудной характеристике передачи МПРД не предъявляется жестких требований, особенно если на вход МПРД поступает хорошо сформированный первичный сигнал. В тех же случаях,

когда между ПУТ и МПРД имеется длинный соединительный кабель (более 1 км), значительно искажающий форму дискретных сигналов, для передачи необходимо использовать МПРД с формирующим триггерным узлом ФТУ.

На рис. 18,*б* приведена амплитудная характеристика *МПРД* типа ТАТ-65, в котором в результате специальной регулировки *ЧМ* работает в режиме ограничения. Такая регулировка *ЧМ* рекомендуется при использовании модема для передачи дискретных сигналов в условиях вероятности эксплуатационного изменения амплитуды напряжения первичного сигнала на входе *МПРД* более чем на $\pm$10%. Из кривых на рис. 18,*б, е* видно, что изменение входного напряжения первичного сигнала сверх значения $\pm U_1$, соответствующего началу ограничения амплитудной характеристики, не оказывает практического влияния на изменение частотного отклонения выходного сигнала.

На рис. 18,*в, ж* приведены амплитудные характеристики передачи и кривая изменения частоты выходного сигнала *МПРД*, снабженного *ФТУ*. Порог срабатывания *ФТУ* (или чувствительность *МПРД*) определяется значениями напряжения входного сигнала $\pm U_2$, при которых *ЧМ* модема дискретно изменяет значение частоты выходного сигнала с $f_н$ до $f_в$ или наоборот. Наличие *ФТУ* в схеме *МПРД* полностью исключает воздействие нестабильности амплитуды напряжения первичного сигнала на качество формирования *ЧМ* сигнала на выходе *МПРД*. Из рис. 18,*в* видно, что формирование сигнала $f_в = (f_0 + \Delta f)$ происходит при напряжении U_2, а формирование сигнала $f_н = (f_0 - \Delta f)$ — при изменении напряжения первичного сигнала на входе *МПРД* до $-U_2$. Изменение амплитуды напряжения первичного сигнала за пределами значений $\pm U_2$ не оказывает влияния на частоту сигнала *МПРД*.

При наладке и в эксплуатации допускается отклонение реального значения средней характеристической частоты модема от номинального значения на $\pm$2 Гц для модемов ТМТП, ТАТ-65, КМК-64; $\pm$3 Гц для АПТ-100 и первого канала ТМ СПИ-244; $\pm$4 Гц для АПТ-200 и второго канала ТМ СПИ-244; $\pm$5 Гц для модема АПТ-300.

Реальный частотный сдвиг у модемов, передающих дискретную информацию, может отличаться от номинального значения, определенного по (37), не более чем на $\pm$3 Гц для ТМТП, ТАТ-65, КМК-64; $\pm$4 Гц для АПТ-100; $\pm$6 Гц для АПТ-200 и $\pm$9 Гц для АПТ-300.

В сложных КТМ с несколькими переприемами по сигналу тональной частоты, предусматривающих использование узкополосных фильтров, оптимальные значения девиации и частотного сдвига в МПРД являются функцией частотной характеристики затухания КТМ. В сложных КТМ наладка модемов выполняется при номинальных значениях девиации и частотного сдвига, а корректировка этих па-

раметров производится после измерения эффективной полосы частот передачи всего КТМ (см. § 6).

Регулировка модемов с частотным модулятором, предназначенным для преобразования как аналоговых, так и дискретных сигналов, выполняется в следующей последовательности. На выход МПРД включаются номинальная нагрузка и параллельно ей цифровой частотомер, вольтметр и осциллограф. На вход МПРД включают измерительный источник постоянного тока ИИПТ, принципиальная схема которого приведена на рис. 19. При выключенном питании ИИПТ, т. е. при отсутствии напряжения на входе модема, ориентируясь по показаниям частотомера, устанавливают номинальное значение средней характеристической частоты МПРД. Включив напряжение питания ИИПТ, потенциометром *R1* устанавливают выходное напряжение постоянного тока, определяемое по формуле:

$$U_E = 2kU_{\text{ном}}, \qquad (51)$$

где $U_{\text{ном}}$ — номинальные напряжения первичного сигнала на входе МПРД; k — коэффициент, равный 1,0 при дискретной форме первичного сигнала и 1,4 — при синусоидальной форме первичного сигнала.

Выполняют регулировку нижней $f_{\text{н}}$ и верхней $f_{\text{в}}$ характеристических частот МПРД, ориентируясь по показанию частотомера и положению переключателя устройства ИИПТ. Изменение положения переключателя изменяет полярность сигнала на входе МПРД.

В большинстве типов МПРД предусмотрен ключ ручной проверки, с помощью которого вход МПРД отключается от соединительной линии и подключается к источнику постоянного тока той или иной полярности. В схеме ключа предусмотрены потенциометры для регулирования напряжения указанного источника. Установив номинальные значения $f_{\text{н}}$ и $f_{\text{в}}$, отключают питание ИИПТ. Регулируя положение движков потенциометров ключа ручной проверки, добиваются, чтобы при установке ключа в первое и второе положения частота сигнала на выходе МПРД приобретала установленные ранее значения $f_{\text{н}}$ и $f_{\text{в}}$.

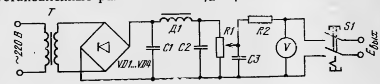


Рис. 19. Измерительный источник постоянного тока

Выполняют измерения напряжения выходных сигналов U_0; $U_{\text{н}}$; $U_{\text{в}}$, соответствующих частотам f_0; $f_{\text{н}}$; $f_{\text{в}}$.

При правильной регулировке модема и особенно фильтра передачи максимальное значение разности уровней этих сигналов не должно быть больше 1,0—1,5 дБ. При измерении амплитудной характеристики МПРД с ИИПТ на вход модема подают напряжение $-1{,}2U_E$. Изменяя это напряжение ступенями по $0{,}2U_E$ в пределах $\pm 1{,}2U_E$ для каждого значения напряжения, записывают показания частотомера на выходе МПРД.

Графическое построение амплитудной характеристики и анализ ее линейности выполняют с учетом изложенных выше положений. Если линейность амплитудной характеристики не отвечает нормам, выполняют соответствующую корректировку режимов ЧМ и ТГ. В модемах с ФТУ измерение амплитудной характеристики не выполняется. При регулировке нижней и верхней характеристических частот на вход МПРД от ИИПТ подается сигнал соответствующей полярности напряжением $2U_{\text{ном}}$.

Проверка качества ФТУ выполняется следующим образом. На вход МПРД от ИИПТ подается сигнал отрицательной полярности напряжением $2U_{\text{ном}}$. При этом частотомер на выходе МПРД покажет наличие сигнала $f_{\text{ном}}$. С помощью потенциометра *R1* уменьшают напряжение сигнала до нуля и изменяют положение переключателя *P1*. Медленно увеличивая напряжение на выходе ИИПТ движком потенциометра *R1*, определяют значение напряжения U_+, при котором ФТУ сработает и частотомер покажет наличие сигнала $f_{\text{в}}$. Вновь уменьшают напряжение ИИПТ до нуля и изменяют положение переключателя *P1*. Медленно повышая напряжение на выходе ИИПТ, определяют значение U_-, при котором ФТУ перейдет в другое состояние и на выходе МПРД появится сигнал $f_{\text{ном}}$. При правильной регулировке ФТУ должно выдерживаться соотношение:

$$|U_- - U_+| \leqslant 0{,}05\,|U_- + U_+|, \qquad (52)$$

где значения U_- и U_+ берутся без учета полярности напряжения.

При отсутствии между МПРД и устройством телемеханики длинного соединительного кабеля напряжение срабатывания ФТУ не имеет принципиального значения, если оно равно или меньше $(0{,}5—0{,}7)\,U_{\text{ном}}$. При наличии длинного соединительного кабеля, вызывающего искажения формы первичного сигнала, желательно понизить напряжение срабатывания ФТУ до $(0{,}05—0{,}15)\,U_{\text{ном}}$. Следует указать, что

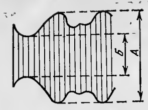


Рис. 20. Осциллограмма сигнала на выходе МПРД

пороговые устройства модемов выключаются на время регулировки и измерения амплитудных характеристик и качества ФТУ.

Качество регулировки МПРД оценивается также значением коэффициента паразитной амплитудной модуляции частотно-модулированного сигнала на выходе модема. Измерение коэффициента модуляции выполняется в следующей последовательности. Выход МПРД нагружается на номинальную нагрузку, параллельно которой включается электронный осциллограф. На вход МПРД включается датчик первичных сигналов. В МПРД аналоговых сигналов в качестве датчика используется ИГ, с которого подается сигнал 35 Гц с номинальным значением напряжения. В МПРД дискретных сигналов на вход подключается датчик дискретных сигналов стандартного измерителя краевых искажений или датчик, выполненный по схеме, приведенной на рис. 13. С датчика подаются симметричные сигналы с номинальным значением амплитуды напряжения посылок. На экране осциллографа будет наблюдаться фигура, аналогичная осциллограмме, приведенной на рис. 20. Измерив по сетке экрана осциллографа значения амплитуд *А* и *Б*, коэффициент паразитной амплитудной модуляции $m_п$, %, определяют по формуле:

$$m_п=\frac{A-Б}{A+Б}100. \qquad (53)$$

При качественной регулировке МПРД коэффициент модуляции не должен превышать 20%. Причинами увеличения коэффициента паразитной модуляции могут быть: нестационарные процессы во входных цепях ЧМ модемов дискретных сигналов, несоответствие характеристических частот номинальным значениям, нестабильность амплитуды ТГ, малая полоса частот пропускания ФПРД или значительная неравномерность его затухания в полосе частот пропускания. Если коэффициент паразитной амплитудной модуляции превышает 25%, должны быть приняты меры для устранения причин, вызвавших это превышение.

При наладке МПРД дискретных сигналов краевые искажения посылок на выходе МПРД с достаточной для практики точностью измеряют следующим образом. На выход МПРД включают нагрузку 600 Ом и параллельно ей цифровой частотомер. На вход МПРД подключают датчик дискретных сигналов. Подав с датчика сперва сигнал «Нажатие +», а затем сигнал «Нажатие —», измеряют частотомером характеристические частоты $f_в$ и $f_н$. Подав с датчика на вход МПРД серию симметричных посылок типа 1 : 1 со скоростью $2m$ Бод, где m — любое целое число, по частотомеру определяют значение частоты $f_п$ частотно-модулированного сигнала. Значение кревых искажений посылок, %, на выходе МПРД определяют по формуле:

$$\delta_1=\frac{2f_п-(f_н+f_в)}{f_в-f_н}100. \qquad (54)$$

При выполнении измерения значение m выбирается таким, чтобы величина $2m$ была равна или максимально близка к реальной скорости передачи дискретных сигналов по данному КТМ. Датчик дискретных сигналов при передаче сигналов типа 1 : 1 должен иметь собственные искажения не более 1—2%. Искажения, вносимые МПРД, определяются по формуле:

$$\delta_2=\sqrt{\delta_1^2+\delta_д^2}, \qquad (55)$$

где $\delta_д$ — искажения датчика дискретных сигналов.

Если налаженный модем передачи предназначен для параллельной работы с другими МПРД по одному ГТМ, то после наладки всех МПРД они включаются на нагрузку через общий ЛСТ в соответствии с рис. 15,*б*. Для проверки отсутствия влияния входных сопротивлений параллельно включенных МПРД на частотные характеристики затухания их фильтров передачи производится контрольное измерение характеристик $\Delta a_{ч,х}=\varphi(F)$ каждого модема. Измерение выполняется в соответствии с методикой, изложенной в § 3.

Если характеристика $\Delta a_{ч,х}=\varphi(F)$ претерпела искажения при совместном подключении модемов и не соответствует нормам, выполняют подстройку соответствующих контуров данного ФПРД при параллельном соединении всех МПРД через общий ЛСТ.

5. НАЛАДКА МОДЕМОВ ПРИЕМА

Функциональная схема модема приема МПРМ приведена на рис. 21. Основными ее элементами являются: линейный согласующий трансформатор *ЛСТ*, полосовой фильтр приема *ФПРМ*, усилитель приема *У1*, ограничитель максимальных амплитуд *ОА*, второй усилитель приема *У2*, частотно-амплитудный дискриминатор *ЧД* и выходное устройство *ВУ*.

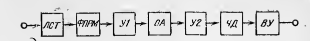


Рис. 21. Функциональная схема модема приема

Линейный согласующий трансформатор по своей конструкции и назначению не отличается от ЛСТ модема передачи, описанного выше. Полосовой фильтр приема обеспечивает защиту модема от воздействия сигналов, лежащих вне полосы рабочих частот данного модема. К *ФПРМ* предъявляются повышенные требования по избирательности. Усилитель приема усиливает принимаемый частотно-модулированный сигнал до уровня, необходимого для нормальной работы *ОА*. Ограничитель максимальных амплитуд уничтожает паразитную амплитудную модуляцию частотно-модулированного сигнала и обеспечивает постоянство амплитуды этого сигнала на входе *ЧД*. Частотный дискриминатор преобразует частотно-модулированный сигнал тональной частоты в первичный сигнал телемеханики. Выходное устройство МПРМ аналоговых сигналов содержит низкочастотный фильтр и в некоторых случаях выходной усилитель. В МПРМ дискретных сигналов в схему *ВУ* может входить узел формирования посылок УФП (например, в МПРМ типа АПТ).

В объем работ при наладке модемов приема входит: внешний осмотр и установка нужных кроссировок; проверка цепей питания и режимов работы узлов по постоянному току; настройка и паспортизация фильтра приема; регулировка ограничителя максимальных амплитуд; настройка и паспортизация частотного дискриминатора, проверка выходного устройства; проведение добавочных контрольных измерений модема приема.

Внешний осмотр устройства, а также работы по проверке цепей питания и режимов узлов аппаратуры по постоянному току выполняются в той же последовательности, что и при наладке модемов передачи. Все рекомендации § 4 по включению ЛСТ полностью используются при наладке модемов приема, только в этом случае к дифференциальным обмоткам ЛСТ подключаются по схеме на рис. 15 не входные зажимы ФПРД модема передачи, а входы фильтров приема модемов приема.

Полосовые фильтры приема *МПРД* выполняются по схеме дифференциально-мостикового фильтра, приведенной на рис. 16,*б*, или по схеме цепочечного фильтра, показанной на рис. 22 и используемой

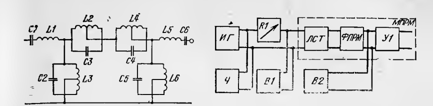


Рис. 22. Цепочечный полосовой фильтр приема

Рис. 23. Измерение избирательности приемного фильтра

в модемах типа АПТ. Прежде чем приступить к настройке приемного фильтра, следует убедиться в необходимости этой работы. Для этого выполняют измерение частотной характеристики фильтра. Выключив питание *МПРМ*, собирают измерительную схему (рис. 23). В этой схеме вольтметр *В2* включен на выходе фильтра приема параллельно реальной нагрузке этого фильтра. Вход *МПРМ* подключен к движку потенциометра *R1* через резистор с сопротивлением, равным номинальному входному сопротивлению *МПРМ*. Установив на выходе *ИГ* сигнал средней характеристической частоты с напряжением, достаточным для устойчивой работы частотомера *Ч*, с помощью потенциометра *R1* устанавливают уровень сигнала на выходе фильтра равным —20 дБ. Медленно меняя частоту *ИГ* в пределах рабочей полосы частот модема при постоянном показании вольтметра *В1*, определяют по частотомеру частоту сигнала, при которой показание вольтметра *В2* максимально. Записывают значение этой частоты f_1 и потенциометром *R1* устанавливают показание *В2* равным —20 дБ. Отмечают показание *В1* и при проведении следующих измерений поддерживают это напряжение постоянным с помощью потенциометра *R1*. Уменьшая, а затем увеличивая частоту *ИГ*, отмечают частоты $f_{н1}$ и $f_{в1}$, при которых *В2* показывает —26 дБ. Таким образом находят частоты, при которых *В2* показывает —32 дБ ($f_{н2}$; $f_{в2}$) и —38 дБ ($f_{н3}$; $f_{в3}$). Данные всех измерений записываются в таблицу, в одной графе которой указывается частота сигнала, а во второй графе — уровень сигнала на выходе *ФПРМ*. Изменяя частоту *ИГ* ступенями по 10—15 Гц в пределах от $f_{н1}$ до $f_{в1}$, отмечают показания *В2* для каждой точки измерения. Записывают показания *В1* в децибелах (p_E). По минимуму показания *В1* определяют частоты бесконечного затухания *ФПРМ* и выполняют измерения фильтра на рабочих частотах соседних каналов. Если при этих измерениях показания *В2* меньше —40 дБ, напряжение на входе схемы, измеряемое *В1*, увеличивают движком потенциометра *R1* на $\Delta p_0 = 10 \div 15$ дБ. Значение p_{E1} отмечается по *В1*. По данным измерений вычисляется и графически строится зависимость $\Delta a_{ч,x} = \varphi(F)$, которая характеризует избирательность приемного фильтра. В диапазоне частот измерения при постоянном входном уровне p_0 (показа-

ние *B1*) для каждого значения частоты определяется

$$\Delta a_{ч,x} = -20 - p_f, \quad (56)$$

где p_f — показание *B2* на данной частоте измерения.

Значение $\Delta a_{ч,x}$ для всех точек, измеренных при повышенном уровне входного сигнала, определяется по формуле:

$$\Delta a_{ч,x} = -20 - p_f + \Delta p_0, \quad (57)$$

где Δp_0 — прирост уровня сигнала на входе измерительной схемы.

Полученная характеристика избирательности фильтра сравнивается с нормирующими шаблонами, приведенными в техническом описании модема, и на основе этого сравнения решается вопрос о необходимости перестройки фильтра.

В соответствии с рекомендациями § 2 по частотной характеристике избирательности фильтра определяется полоса эффективно принимаемых частот *МПРМ* *ΔФПРМ*.

Рассмотрим методику наладки контуров дифференциально-мостикового восьмиэлементного полосового фильтра. По (36)—(39) определяются частоты настройки контуров фильтра. Поскольку контуры фильтра должны быть настроены на расчетные частоты с точностью не хуже 0,15%, рекомендуется использовать измерительную схему, приведенную на рис. 24 и представляющую собой мост, образованный полуобмотками дифференциального трансформатора *Тр*, переменным резистором *R3* и настраиваемым контуром, подключаемым к зажимам *1—2*. В диагональ моста включены измерительный генератор *ИГ* и цифровой частотомер *Ч*, индикатор настройки моста — электронный вольтметр *B1* подключен к зажимам вторичной обмотки трансформатора.

В качестве трансформатора *Тр* используется дифференциальный трансформатор настраиваемого фильтра. Если в схеме *МПРМ* вторичная обмотка *Тр* присоединена к нагрузке, то эту нагрузку можно не отключать. Резисторы *R1* и *R2*, одинаковые по сопротивлению (5—10 Ом), включены для исключения влияния на точность настройки контура индуктивности рассеяния обмоток *Тр*. Сопротивление резистора *R3* выбирается равным 260—300 Ом.

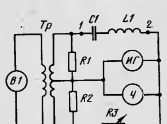


Рис. 24. Измерительная схема для настройки последовательных резонансных контуров

Настройка контура выполняется в следующей последовательности. С *ИГ* подается сигнал резонансной частоты напряжением 1—2 В. Конденсатор *C1* заменяется магазином емкостей МЕ. Изменением емкости *МЕ* добиваются минимального показания по *B1*. Поочередно медленно изменяя сопротивления резистора *R3* и емкость *МЕ*, добиваются наименьшего показания *B1*, которое может быть получено только в том случае, если контур настроен на частоту *ИГ*, а сопротивление резисторов равно активному сопротивлению контура на резонансной частоте. Заметив показания *B1* ($U_р$), по шкале *МЕ* определяют значение емкости $C_р$. Подобрав конденсатор с номинальной емкостью $(0{,}8—0{,}9)C_р$, включают его в схему контура параллельно МЕ. Уменьшая емкость МЕ, добиваются минимального показания *B1*. По шкале МЕ определяют значение добавочной емкости $\Delta C_р$, которая должна быть включена в схему контура. Отключив МЕ, подключают параллельно конденсатору контура конденсатор емкостью $\Delta C_р$. Медленно изменяя частоту *ИГ*, добиваются минимума показания *B1*. Если показания частотомера соответствуют заданному значению резонансной частоты, то настройка контура закончена. Если показания частотомера больше значения резонансной частоты, то емкость $\Delta C_р$ должна быть увеличена; если показания частотомера меньше значения резонансной частоты, то емкость $\Delta C_р$ должна быть уменьшена.

Более простая, но менее точная схема настройки последовательных и параллельных резонансных контуров приведена на рис. 25,*а*. Эта схема вполне пригодна при настройке цепочных фильтров, где точность настройки контуров фильтра может быть снижена до ±0,25%. Сопротивление резистора *R1* выбирается равным внутреннему сопротивлению *ИГ*. Сопротивление резистора *R2* 2,2—3,3 кОм. При настройке параллельного контура резистор *R3* из схемы исключается, при настройке последовательного резонансного контура его сопротивление берется равным 200—330 Ом.

Рассмотрим методику настройки последовательного контура. Вместо емкости контура к катушке индуктивности *L1* подключается *МЕ* (рис. 25,*б*), и контур присоединяется к зажимам *1—2* схемы. С *ИГ* подается сигнал резонансной частоты, напряжение которого контролируется по вольтметру *B1*, а частота — по частотомеру *Ч*. Следя за постоянством показания *B1*, изменяя емкость *МЕ*, добиваются минимального показания *B2*, что служит признаком настройки контура на резонансную частоту. Как и в предыдущем случае, заменяют *МЕ* конденсатором соответствующей емкости. Изменяя частоту *ИГ* и следя за показаниями *B2*, убеждаются, что контур настроен правильно и, если надо, подстраивают его.

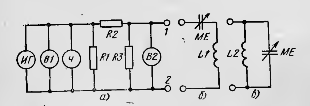


Рис. 25. Схема настройки резонансных контуров (*а*): последовательного (*б*) и параллельного (*в*)

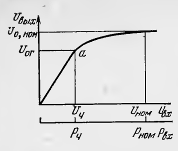


Рис. 26. Амплитудная характеристика МПРМ

При настройке параллельного контура *МЕ* включается параллельно катушке индуктивности *L2* (рис. 25,*в*) и полученный контур подключается к зажимам *1—2* схемы (резистор *R3* из схемы исключается). Установив нужную частоту *ИГ* и изменяя емкость *МЕ*, добиваются максимума показания *В2*, что является признаком правильной настройки контура. Затем заменяют *МЕ* конденсаторами нужной емкости. Медленно изменяя частоту *ИГ*, по максимуму показания *В2* и показанию частотомера убеждаются, что контур настроен правильно.

Чувствительностью МПРМ называется значение напряжения или уровня рабочего сигнала на входе МПРМ, при котором начинается ограничение амплитуды приемного сигнала на выходе ограничителя. Значение чувствительности определяется по амплитудной характеристике МПРМ, представляющей собой зависимость напряжения сигнала на выходе ограничителя максимальных амплитуд от напряжения или уровня приемного сигнала на входе модема. Типовая амплитудная характеристика МПРМ приведена на рис. 26. Точка *а* характеристики соответствует напряжению выходного сигнала $U_{ог}$, при котором начинается ограничение амплитуды выходного сигнала. Напряжение сигнала $U_ч$ или уровень сигнала $p_ч$ на входе МПРМ, соответствующее точке *а* амплитудной характеристики, называется чувствительностью МПРМ. Дальнейшее увеличение напряжения (уровня) сигнала на входе МПРМ практически не изменяет амплитуду напряжения выходного сигнала. Номинальные значения напряжения и уровня приемного сигнала на входе МПРМ определяются по формулам:

$$U_{ном}=4{,}5U_ч; \qquad (58)$$

$$p_{ном}=p_ч+13. \qquad (59)$$

Чувствительность МПРМ определяется не только усилением усилителя и регулировкой ограничителя амплитуд, но и значением затухания $a_{мз}$, установленного на удлинителе регулятором уровня приема в схеме МПРМ (рис. 23). Максимальная чувствительность МПРМ определяется при $a_{мз}$, равном 0 дБ. Измерение амплитудной характеристики МПРМ выполняется в следующей последовательности. На вход МПРМ, функциональная схема которого приведена на рис. 21, через потенциометр подключают измерительный

генератор *ИГ*, а параллельно выходу ограничителя максимальных амплитуд *ОА* включают электронный осциллограф и вольтметр переменного тока. С *ИГ* подают сигнал средней характеристической частоты. Медленно меняют потенциометром напряжение сигнала на входе МПРМ и по фигуре на экране осциллографа определяют момент начала ограничения амплитуды сигнала на выходе *ОА*. Напряжение сигнала $U_ч$ на входе МПРМ, соответствующее данному положению, определяет чувствительность МПРМ, а напряжение $U_{ог}$ на выходе *ОА* соответствует началу работы *ОА*. Устанавливая на входе МПРМ напряжение сигнала $1{,}3U_ч$; $2{,}5U_ч$; $4{,}5U_ч$; $10U_ч$, для каждого значения напряжения входного сигнала $U_{вх}$ регистрируют амплитуду напряжения выходного сигнала $U_{вых}$. Амплитуда напряжения измеряется на экране осциллографа, при отсутствии осциллографа допускается измерение напряжения сигнала на выходе ограничителя вольтметром *В2*. По данным измерения строится амплитудная характеристика. При правильной регулировке ограничителя максимальных амплитуд должно быть выполнено условие:

$$\Delta_{ог}=20\lg\frac{U_{о,ном}}{U_{ог}}<2дБ, \qquad (60)$$

где $U_{о,ном}$ — амплитуда напряжения сигнала на выходе ограничителя при напряжении входного сигнала, равном $4{,}5U_ч$, т. е. $U_{ном}$.

Если условие (60) не соблюдено, выполняют регулировку порога ограничения *ОА* в соответствии с рекомендациями технического описания.

Максимальная чувствительность МПРМ измеряется аналогично при условии выключения затухания в удлинителе регулятором уровня МПРМ. Необходимое значение эксплуатационной чувствительности МПРМ устанавливается при наладке КТМ путем изменения затухания удлинителя ручкой регулировки уровня, который имеется, например, в аппаратуре типа АПТ. В аппаратуре, где не предусмотрен удлинитель переменного затухания, регулировка чувствительности выполняется путем изменения усиления У1, расположенного перед ограничителем максимальных амплитуд.

Номинальное значение эксплуатационной чувствительности МПРМ определяется по формуле:

$$U_{ч,ном}\geq 4U_{п\,max} \qquad (61)$$

для модемов с узлом защиты от помех, и по формуле

$$U_{ч.ном} \geqslant 2kU_{п\,max} \qquad (62)$$

для модемов без узла защиты.

В этих формулах $U_{п\,max}$ — максимальное напряжение помех, измеренное вольтметром на входе МПРМ в конкретном КТМ.

В (62) коэффициент k равен отношению номинального напряжения сигнала постоянного тока на выходе дискриминатора МПРМ к напряжению срабатывания узла формирования посылок выходного устройства модема или к напряжению срабатывания приемного устройства телемеханики, если формирователь в схеме отсутствует.

Методику проверки и настройки дискриминатора рассмотрим на примере дискриминатора АПТ, принципиальная схема которого приведена на рис. 27. На вход дискриминатора без отключения его от схемы МПРМ через конденсатор емкостью (5—10) мФ и резистор (2—3) кОм подключается измерительный генератор, параллельно которому включен цифровой частотомер. Параллельно входу дискриминатора включается электронный вольтметр переменного тока, второй вольтметр переменного тока и электронный осциллограф подключаются между коллектором транзистора *VT1* и землей. Установив на выходе измерительного генератора сигнал частотой $f_н$ или $f_в$ и медленно изменяя частоту сигнала, определяют частоты настройки $f_{д,н}$ и $f_{д,в}$ контуров дискриминатора по максимуму показания вольтметра. При этом по экрану осциллографа контролируют форму сигнала, и если она искажена, то снижают соответственно напряжение сигнала, подаваемого с

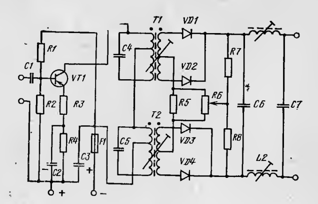


Рис. 27. Принципиальная схема дискриминатора модема типа АПТ

измерительного генератора. Установив на измерительном генераторе частоту $f_{н1}$, соответствующую настройке первого контура дискриминатора, измеряют амплитудную характеристику дискриминатора, представляющую собой зависимость:

$$S = 20\lg\frac{U_{вых}}{U_{вх}} = p_{вых} - p_{вх}, \qquad (63)$$

где $U_{вх}$, $U_{вых}$ — напряжение сигнала соответственно на входе и выходе дискриминатора; $p_{вх}$, $p_{вых}$ — эти же напряжения, дБ.

Первое измерение выполняют при $U_{вх}$=0,5 В, а затем это напряжение изменяют ступенями до (0,2—0,3) В и для каждой точки измерения определяют значение $U_{вых}$ по шкале второго вольтметра.

По амплитудной характеристике определяют значение входного сигнала $U_{в0}$, при котором нелинейность амплитудной характеристики достигает значения 25 дБ. Максимально допустимое значение амплитуды напряжения рабочего сигнала на входе дискриминатора определяют по формуле:

$$U_{д\,max} = (0{,}75 \div 0{,}8)\,U_{в0}. \qquad (64)$$

Установив на входе дискриминатора напряжение сигнала равным $0{,}5U_{в0}$, уточняют значение частот настройки контуров $f_{д,н}$ и $f_{д,в}$. При правильной настройке контуров

$$f_{д,н} = f_н - \Delta_д;\ f_{д,в} = f + \Delta_д, \qquad (65)$$

где $\Delta_д$ — запас полосы частот дискриминатора, равный 6÷10 Гц для модемов с номинальной скоростью 50 Бод; 7—12 Гц для модемов 100 Бод; 8—14 Гц для модемов 200 Бод; 11—16 Гц для модемов 300 Бод.

После настройки контуров дискриминатора второй вольтметр отключают, а на выход дискриминатора включают вольтметр постоянного тока.

Установив на измерительном генераторе значение средней характеристической частоты данного модема и регулируя положение движка потенциометра *R6* по шкале вольтметра постоянного тока, устанавливают минимально возможное напряжение постоянного тока на выходе дискриминатора. Практически это напряжение должно равняться нулю. При постоянном напряжении сигнала на входе дискриминатора изменяют частоту измерительного генератора от $0{,}8f_{д,н}$ до $1{,}2f_{д,в}$ при частотном интервале между точками измерения, равном $0{,}05(f_в - f_п)$.

4—3058

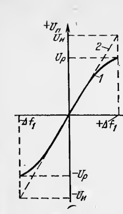


Рис. 28. Частотные характеристики двухконтурного дискриминатора

Для каждого значения частоты определяют вольтметром постоянного тока напряжение постоянного тока $\pm U_п$ на выходе дискриминатора. По данным измерения строят частотную характеристику дискриминатора $U_п = \varphi(\Delta f)$, где $\Delta f = (f_{нт} - f_0)$. На рис. 28 приведена типовая частотная характеристика двухконтурного дискриминатора *1* и идеальная частотная характеристика *2*, являющаяся продолжением прямолинейной части реальной характеристики *1* дискриминатора. Границы прямолинейного участка реальной частотной характеристики дискриминатора определяют значениями $\pm \Delta f_1$, при которых выполняется зависимость:

$$\left.\begin{aligned} &20\lg\frac{U_и}{U_р} = 1{,}5; \\ &U_и = (1{,}15 \div 1{,}18)\,U_р, \end{aligned}\right\} \qquad (66)$$

где $U_р$ и $U_и$ — напряжение на выходе дискриминатора соответственно при реальной и идеальной характеристиках дискриминатора.

При равенстве значений $|-\Delta f_1|$ и $|+\Delta f_1|$ значения $\pm U_р$ должны отличаться не более чем на 10%. Для обеспечения этого условия допускается соответствующее изменение положения движка потенциометра *R6* (см. рис. 27), однако при этом значение средней частоты настройки дискриминатора не должно отличаться от номинального значения средней характеристической частоты модема более чем на ± 2 Гц для модемов 50 и 100 Бод; ± 3 Гц для модемов 200 Бод и ± 5 Гц для модемов 300 Бод.

Номинальное напряжение сигнала $U_{д,ном}$ на входе дискриминатора определяют следующим образом. Установив на ИГ частоту $f_н$, изменяют напряжение сигнала на входе дискриминатора до тех пор, пока вольтметр $B_п$ не покажет значение $U_{н,н}$, соответствующее $1{,}1 U_{ном}$, где $U_{ном}$ — номинальное значение напряжения первичного сигнала на выходе дискриминатора. Соответствующее напряжение сигнала на выходе дискриминатора является номинальным напряжением $U_{д,ном}$. Изменив частоту ИГ до $f_в$, по вольтметру $B_п$ определяют значение напряжения $U_{н,в}$ обратной

полярности. При правильной регулировке дискриминатора выполняются соотношения:

$$\left.\begin{aligned} &U_{д,ном} \leqslant U_{д,max}; \\ &|U_{н,н} - U_{н,в}| \leqslant 0{,}1 U_{н,н}, \end{aligned}\right\} \qquad (67)$$

где $U_{н,н}$ и $U_{н,в}$ — напряжения на выходе дискриминатора при сигналах соответственно $f_н$ и $f_в$ на входе дискриминатора.

При наличии в схеме МПРМ выходного устройства с формирователем посылок качество этого устройства проверяется в следующей последовательности. Оставляя предыдущую схему измерения, к выходу МПРМ (см. рис. 21) присоединяют нагрузку и параллельно ей $B_п$ и *ЭО*. При сигнале *ИГ*, соответствующем $f_н$, измеряют напряжение $U_{п,н}$ на нагрузке. Это напряжение должно соответствовать номинальному значению амплитуды напряжения посылки на выходе МПРМ. Медленно изменяя частоту *ИГ* до $f_в$, определяют значение частоты $f_{ч,в}$, при котором сигнал на выходе МПРМ изменит свою полярность. Установив частоту $f_в$ вольтметром $B_п$, измеряют напряжение $U_{п,в}$, соответствующее сигналу этой полярности. Изменяя частоту *ИГ* в сторону $f_н$, определяют по моменту смены полярности выходного сигнала частоту $f_{ч,н}$. При правильной регулировке выходного устройства должны выполняться соотношения:

$$\left.\begin{aligned} &\Delta_{ч,н} = \Delta_{ч,в} = (0{,}1 \div 0{,}3)\Delta f_д; \\ &|U_{п,н} - U_{п,в}| \leqslant 0{,}1 U_{п,н}, \end{aligned}\right\} \qquad (68)$$

где $\Delta_{ч,н} = (f_0 - f_{ч,н})$; $\Delta_{ч,в} = (f_{ч,в} - f_0)$; $\Delta f_д$ — номинальное значение девиации для данного модема.

Проверяется правильность установки диаграммы уровней в тракте МПРМ. На выход дискриминатора включают вольтметр постоянного тока $B_п$, а на вход МПРМ через потенциометр подают сигнал от *ИГ*. Частоту сигнала *ИГ* контролируют с помощью цифрового частотомера и устанавливают равной $f_н$. При правильной регулировке диаграммы уровня и напряжении сигнала на входе МПРМ, равном $4{,}5 U_ч$ [см. (58)], на входе дискриминатора напряжение сигнала должно быть равным $U_{д,н}$, а вольтметр $B_п$ должен показать напряжение $U_{п,н}$. Если данные требования не выполняются, то производят соответствующую регулировку усиления усилителя, включенного между *ОА* и дискриминатором или регулировку порога ограничения *ОА*.

Измеряют частотную характеристику МПРМ как зависимость напряжения сигнала постоянного тока $U_{пт}$ на вы-

ходе дискриминатора от частоты тонального сигнала на входе МПРМ. Для этого частоту сигнала *ИГ* меняют в пределах от $f_н$ до $f_в$ через интервалы, равные $0{,}2\Delta f_д$, и для каждого значения частоты отмечают показания вольтметра $В_п$. Частотная характеристика должна быть прямолинейна с точностью 1—1,5 дБ.

Установив на *ИГ* частоту сигнала, при которой вольтметр $В_п$ показывает практически нуль, вольтметром переменного тока измеряют напряжение сигнала $U_{\sim}$ на выходе дискриминатора за низкочастотным фильтром. Значение этого напряжения соответствует напряжению собственных помех МПРМ, обусловленных пульсацией выпрямленных напряжений и паразитной частотной модуляцией приемного сигнала. Должно быть выдержано соотношение:

$$U_{\sim}\leqslant 0{,}055 U_{п,н}. \qquad (69)$$

При проверке МПРМ в эксплуатационных условиях измерение амплитудной характеристики ограничителя максимальных амплитуд можно заменить измерением амплитудной характеристики всего модема, являющейся зависимостью напряжения сигнала постоянного тока на выходе дискриминатора от напряжения сигнала тональной частоты $U_{вх}$ на входе модема. При выполнении измерения измерительные приборы включаются как в предыдущем случае. Установив на *ИГ* сигнал частотой $f_н$, подают на вход МПРМ с движка потенциометра напряжение сигнала $U_ч$, при котором вольтметр $В_п$ показывает напряжение $0{,}8U_{п, ном}$.

Уменьшая напряжение входного сигнала от $U_ч$ до $0{,}2U_ч$ ступенями по $0{,}2U_ч$ и увеличивая напряжение от $U_ч$ до $4{,}5U_ч$ ступенями по $0{,}5U_ч$, для каждой точки измерения определяют показания вольтметра $В_п$. Строят амплитудную характеристику МПРМ:

$$S=20\lg\frac{U_{п,т}}{U_{вх}}, \qquad (70)$$

где $U_{вх}$ — напряжение тонального сигнала на входе МПРМ; $U_{п,т}$ — напряжение сигнала постоянного тока на выходе дискриминатора, соответствующее данному значению $U_{вх}$.

Рис. 29. Амплитудная характеристика МПРМ

Чувствительность МПРМ будет соответствовать значению $U_{вх}$, при котором нелинейность амплитудной характеристики равна 1,5—2 дБ. Типовая амплитудная характеристика МПРМ приведена на рис. 29, где $U_ч$, $p_ч$ — чувствительность МПРМ; $U_{ном}=4{,}5\ U_ч$ — номинальное напряжение сигнала на входе МПРМ; $p_{ном}=p_ч+13$ — номинальный уровень сигнала; $S_1=S_0-11$.

Документация по наладке МПРМ должна содержать: электрический паспорт модема, включающий частотную характеристику избирательности фильтра, частотную характеристику дискриминатора, амплитудную характеристику ограничителя максимальных амплитуд или амплитудную характеристику модема. Кроме того, должна быть указана эксплуатационная чувствительность модема. Этот параметр уточняется при наладке канала телемеханики.

6. НАЛАДКА КАНАЛА ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Наладка канала телемеханики выполняется только после полной наладки или ревизии канала связи. Наладка канала связи включает в себя наладку оконечной и промежуточной АВС, элементов ВЧ присоединения и обработки ВЛ, линейного ВЧ тракта и всей системы связи в целом.

Основными показателями системы связи, определяющими качество работы КТМ, образованных по этой системе связи, являются:

распределение мощности передатчика АВС по каналам телефонной связи и телемеханики;

качество регулировки ограничителей максимальных амплитуд в каналах телефонной связи;

запас системы связи по перекрываемому затуханию;

устойчивость каналов телефонной связи;

стабильность остаточного затухания в канале связи;

амплитудно-частотные и фазовые искажения в канале связи;

уровни и характер помех в каналах связи.

Учитывая важность указанных параметров, целесообразно остановиться на них подробнее.

Выходные усилители трактов передачи АВС имеют ограниченный диапазон мощности, поэтому при неправильной регулировке уровней исходящих сигналов между каналами системы связи могут возникнуть взаимные влияния, исключающие качественную работу КТМ.

В условиях передачи информации по ВЛ на вход приемника АВС кроме полезного сигнала воздействуют также линейные помехи, обусловленные коронированием фазных проводов ВЛ под влиянием высокого напряжения промыш-

ленного тока. Эти помехи имеют характер гладких помех и помехозащищенность канала связи, определяемая разностью уровней полезного сигнала и помехи на выходе фильтра приема (или канала в целом), зависит не только от уровня сигнала и уровня линейных помех, но и от ширины полосы частот пропускания фильтра канала.

В общем случае в системе связи по ВЛ имеется несколько различных каналов связи: телефонные каналы связи, каналы телемеханики, служебный канал сигнала контрольной частоты, управляющего работой устройства автоматического регулирования усиления приемника (АРУ). Каждый из этих каналов имеет свою рабочую полосу частот. Поскольку уровень приемного сигнала каждого канала при равномерной частотной характеристике затухания ЛВТ определяется уровнем передачи этого сигнала на выходе передающего полукомплекта АВС, то помехозащищенность канала зависит от уровня линейных помех, ширины рабочей полосы частот канала и уровня передачи сигнала данного канала на выходе передающего полукомплекта АВС.

Для получения равной помехозащищенности всех каналов данной системы связи соотношение напряжений сигналов отдельных каналов на выходе передатчика АВС должно определяться по формулам:

$$\left.\begin{aligned} U_{КЧ} &= U_{ТФ}\sqrt{\frac{\Delta F_{КЧ}}{\Delta F_{ТФ}}}; \\ U_{ТМ} &= U_{ТФ}\sqrt{\frac{\Delta F_{ТМ}}{\Delta F_{ТФ}}}, \end{aligned}\right\} \qquad (71)$$

где $U_{ТФ}$; $U_{ТМ}$; $U_{КЧ}$ — напряжения выходных сигналов соответственно телефонного канала, канала телемеханики и сигнала контрольной частоты; $\Delta F_{ТФ}$; $\Delta F_{ТМ}$; $\Delta F_{КЧ}$ — полосы рабочих частот телефонного канала, канала телемеханики и канала контрольной частоты.

Учитывая, что обычно $\Delta F_{ТФ} = 2{,}1$ кГц, имеем:

$$\left.\begin{aligned} U_{КЧ} &= 0{,}22U_{ТФ}; \\ U_{ТМ1} &= 0{,}26U_{ТФ}; \\ U_{ТМ2} &= 0{,}35U_{ТФ}; \\ U_{ТМ3} &= 0{,}45U_{ТФ}, \end{aligned}\right\} \qquad (72)$$

где $U_{ТМ1}$, $U_{ТМ2}$, $U_{ТМ3}$ — напряжения выходных сигналов каналов телемеханики, выполненных соответственно на модемах типа ТАТ-65 (АПТ-100), АПТ-200 и АПТ-300.

Если максимальная неискаженная мощность ВЧ передатчика АВС составляет P_{max} на нагрузке $R_{н}$, то максимально допустимое напряжение сигнала

$$U_{max} = \sqrt{\frac{P_{max}}{R_{н}}}. \qquad (73)$$

При оптимальном распределении мощности ВЧ передатчика АВС по каналам имеет место соотношение:

$$U_{max} = kU_{ТФ} + mU_{ТМ} + nU_{КЧ}, \qquad (74)$$

где k, m, n — количество каналов соответственно телефонной связи и телемеханики, и количество контрольных частот в рассматриваемой системе связи.

Из (72) и (73) следует:

$$U_{ТФ} = \frac{U_{max}\sqrt{\Delta F_{ТФ}}}{k\sqrt{\Delta F_{ТФ}} + m\sqrt{\Delta F_{ТМ}} + n\sqrt{\Delta F_{КЧ}}}. \qquad (75)$$

В общем случае, когда по групповому тракту передачи АВС передаются m_1 сигналов ТАТ-65, m_2 сигналов АПТ-200 и m_3 сигналов АПТ-300, (75) приобретает вид:

$$U_{ТФ} = \frac{U_{max}\sqrt{\Delta F_{ТФ}}}{k\sqrt{\Delta F_{ТФ}} + m_1\sqrt{\Delta F_{ТМ1}} + m_2\sqrt{\Delta F_{ТМ2}} + m_3\sqrt{\Delta F_{ТМ3}} + n\sqrt{\Delta F_{КЧ}}}. \qquad (76)$$

Значение U_{max} определяется экспериментально по амплитудной характеристике группового тракта передачи АВС. Амплитудной характеристикой группового тракта передачи АВС называется зависимость выходного уровня $p_{вых}$ или напряжения рабочего сигнала на нагрузке тракта передачи от уровня $p_{вх}$ низкочастотного сигнала на входе группового тракта передачи. В ряде случаев амплитудная характеристика изображается зависимостью усиления исследуемого тракта от уровня (напряжения) сигнала на выходе:

$$S_{тр} = p_{вых} - p_{вх}. \qquad (77)$$

Рабочим участком амплитудной характеристики называется участок, на котором нелинейность меньше **1,5 дБ.** Уровень (напряжение) выходного сигнала, соответствующий точке амплитудной характеристики при нелинейности 1,5 дБ, называется максимальным уровнем (напряжением) передачи.

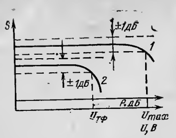


Рис. 30. Амплитудные характеристики тракта передачи АВС (*1*) и телефонного канала (*2*)

Амплитудная характеристика группового тракта передачи измеряется в следующей последовательности. К ВЧ выходу АВС присоединяются номинальная нагрузка, параллельно ей электронный осциллограф, селективный измеритель уровня СИУ и вольтметр. Ориентируясь по экрану осциллографа, выключают сигналы всех каналов аппаратуры. Ко входу группового тракта передачи присоединяют измерительный генератор ИГ и подают с него сигнал, частота которого устанавливается равной средней частоте полосы рабочих частот на входе группового тракта. Зная номинальный уровень сигнала $p_{о.г}$ на входе группового тракта, уровень сигнала ИГ изменяют ступенями по 5 дБ от ($p_{о.г}$—15) дБ до ($p_{о.г}$+10) дБ, а затем ступенями по 2—3 дБ до уровня, при котором напряжение сигнала на выходе АВС превышает на 35—40% максимальное значение, указанное в техническом описании АВС. Для каждого значения уровня выходного сигнала ИГ отмечаются значения уровня и напряжения сигнала на выходе передатчика АВС. Уровни этих сигналов определяются по формуле

$$p_{вых}=20\lg U_{вых}+10 \quad (78)$$

при измерении вольтметром ($U_{вых}$ выражено в вольтах) или по формуле

$$p_{вых}=p_{у.у}+7{,}8 \quad (79)$$

при измерении указателем уровня, отградуированным при нагрузке 600 Ом. Амплитудная характеристика $S=\varphi(U_{вых})$ приведена на рис. 30, кривая *1*.

Целью измерения амплитудной характеристики группового тракта передачи является определение максимальной мощности передатчика и нелинейных искажений в тракте передачи. Параллельно линейной части амплитудной характеристики (рис. 30, кривая *1*) проводят две прямые линии, отстоящие от кривой *1* на ±1,5 дБ. Точка пересечения амплитудной характеристики *1* с одной из этих прямых является границей прямолинейного участка амплитудной характеристики, а значение уровня передачи или напряжения выходного сигнала, соответствующее этой точке, считается максимальным уровнем или напряжением передачи данной АВС.

Проверка правильности определения U_{max} по амплитудной характеристике тракта передачи выполняется следующим образом. На вход группового тракта от двух ИГ подаются два низкочастотных сигнала с таким уровнем, чтобы на выходе АВС напряжение каждого из этих сигналов составляло $0{,}5U_{max}$. Частоты этих сигналов выбираются с учетом следующих требований:

сигналы рабочих частот f_1 и f_2 на выходе АВС должны располагаться в номинальной полосе рабочих частот аппаратуры; сигнал комбинационной частоты вида $f_к=2f_1\pm f_2$ или $f_к=2f_2\pm f_1$ должен находиться в пределах рабочей полосы частот аппаратуры;

частотные интервалы между f_1, f_2 и $f_к$ должны быть достаточными для измерения уровней (p_1, p_2 и $p_к$) сигналов этих частот на выходе АВС прибором СИУ.

При правильном определении U_{max} должно выполниться соотношение:

$$p_к\leqslant p_1-20\lg n_1-\Delta_{з1}, \quad (80)$$

где

$$n=\frac{U_{max}}{2U_{ТМ}};\quad \Delta_{з1}=25\div 30\text{дБ}.$$

Определив значение U_{max}, выполняют регулировку уровней передачи отдельных каналов системы связи с учетом значений, полученных по (71) и (72). В некоторых случаях наладки систем связи допускается нарушение зависимостей, описываемых (71), (72) и (74), (75).

Предположим, что имеется ВЧ аппаратура, например типа АСК-1, обеспечивающая передачу по одному каналу телефонной связи и двум каналам телемеханики на аппаратуре ТАТ-65. Максимальное напряжение сигнала U_{max} на выходе передатчика равно 20 В. В соответствии с (72) и (75)

$$U_{КЧ}=0{,}22U_{ТФ};\quad U_{ТМ}=0{,}26U_{ТФ}:\quad U_{max}=U_{КЧ}+U_{ТФ}+$$
$$+2U_{ТМ}=1{,}74U_{ТФ};\quad U_{ТФ}=(U_{max}/1{,}74)=(20/1{,}74)=11{,}5\,\text{В};$$
$$U_{КЧ}=0{,}22\cdot 11{,}5=2{,}53\,\text{В};\quad U_{ТМ}=0{,}26\cdot 11{,}5=3\,\text{В}.$$

Такое распределение мощности передатчика соответствует оптимальному варианту. Однако при исследовании ВЧ линейного тракта системы связи было установлено наличие частотной неравномерности затухания в диапазоне рабочих частот системы связи. Предположим, что анализ частотной характеристики затухания линейного тракта показал на рабочих частотах каналов телемеханики наличие повышенного затухания 3 дБ по сравнению с затуханием линейного тракта на частотах сигналов КИ и телефонного канала. Для получения в указанных условиях оптимального соотношения уровней сигналов различных каналов системы связи на входе приемника ВЧ аппаратуры необходимо на передаче внести предыскажения, т. е. нарушить оптимальное распределение мощности передатчика между сигналами каналов системы связи. В описываемом случае исходящие уровни передачи сигналов телемеханики должны быть на 3 дБ выше, чем при оптимальном распределении мощности, т. е.

$$U'_{ТМ}=U_{ТМ}\cdot 10^{0{,}05\Delta a_{т}}=U_{ТМ}10^{0{,}15}=1{,}41U_{ТМ}=0{,}426U_{ТФ};$$
$$U_{max}=0{,}22U_{ТФ}+U_{ТФ}+2\cdot 0{,}426U_{ТФ}=2{,}07U_{ТФ};$$

$$U_{ТФ} = \frac{U_{max}}{2,07} = 10 \text{ В}; \quad U_{КЧ} = 0,22 \cdot 10 = 2,2 \text{ В};$$

$$U_{ТМ} = 0,46 \cdot 10 = 4,6 \text{ В},$$

где $\Delta a_т$ — обнаруженная неравномерность затухания линейного ВЧ тракта, в рассматриваемом примере $\Delta a_т = 3$ дБ.

Наличие ограничителя максимальных амплитуд должно исключить перегрузку группового тракта передачи сигналом телефонного канала при громком разговоре или выкриках абонента. Качество работы ограничителя оценивается амплитудной характеристикой тракта передачи телефонного канала. При измерении этой характеристики ко входу дифференциальной системы канала присоединяется измерительный генератор с внутренним сопротивлением 600 Ом, с которого подается сигнал частотой 800 Гц. Изменяя уровень сигнала ступенями по 4—5 дБ от —2,0 дБ до + (10—15) дБ, измеряют вольтметром напряжение $U_{вых}$ или уровень $p_{вых}$. Типовая амплитудная характеристика телефонного канала соответствует кривой *2* на рис. 30. Для исключения влияния телефонного канала на КТМ ограничитель максимальных амплитуд должен быть отрегулирован так, чтобы при изменении уровня сигнала на входе дифференциальной системы от —2 дБ до + (6—10) дБ уровень сигнала на выходе АВС изменялся не более чем на 2,0—2,5 дБ относительно уровня, определенного по (78).

Запас системы связи по перекрываемому затуханию, при условии равной помехозащищенности каналов, входящих в эту систему, определяется по формуле:

$$З_{пз} = p_{ТФ} - a_{ЛВТ} - \Delta p_{с.п,о} = p_{пр,ТФ} - \Delta p_{с,п}, \qquad (81)$$

где $p_{ТФ}$ — уровень передачи телефонного канала; $p_{пр,ТФ}$ — уровень приема телефонного канала; $a_{ЛВТ}$ — затухание линейного ВЧ тракта при рабочем состоянии ВЛ и нормальных метеорологических условиях; $\Delta p_{с,п,о}$ — минимально допустимое соотношение уровней полезного сигнала и линейной помехи. В полосе частот 2,1 кГц значение $\Delta p_{с,п,о}$ выбирается равным: 26 дБ — при передаче по КТМ ТИ; 29 дБ — при наличии КТМ, используемого для передачи сигналов ТУ—ТС; 32 дБ — при использовании КТМ для автоматического регулирования частоты и мощности или в других ответственных случаях.

Значение $З_{пз}$ должно быть не меньше возможного прироста затухания ЛВТ системы связи из-за гололедообразования на проводах ВЛ, в любом случае $З_{пз} \geqslant 9$ дБ.

Нарушение устойчивости вызывает возбуждение в канале связи, что может привести к перегрузке групповых элементов трактов приема и передачи АВС и значительным влиянием на КТМ.

Устойчивостью канала $\sigma_к$ называют допустимое снижение в обоих направлениях передачи телефонного канала остаточного затухания по сравнению с нормальным его значением до момента возникновения генерации. Для определения устойчивости отсоединяют дужки, соединяющие выход дифференциальной системы с автоматикой аппаратуры, т. е. переводят дифференциальную систему в режим холостого хода. Подключив на выход одной из дифференциальных систем осциллограф или телефон, регуляторами усилителей низкой частоты на обоих концах канала постепенно увеличивают усиление до возникновения генерации в канале. После этого усиление усилителей уменьшают до состояния, при котором канал находится на пороге генерации. При полученных положениях регуляторов усилителей низкой частоты измеряют остаточное затухание в каждом направлении передачи. При измерении остаточного затухания обратное направление передачи следует отключить. Такое же измерение проводят для дифференциальной системы с присоединенным телефонным аппаратом самого дальнего абонента.

Устойчивость, дБ, определяется по формуле:

$$\sigma_к = 0,5\,(a_{ост1} + a_{ост2} - a_{ост3} - a_{ост4}),$$

где $a_{ост1}$ и $a_{ост2}$ — нормальное остаточное затухание в прямом и обратном направлениях; $a_{ост3}$ и $a_{ост4}$ — остаточное затухание в тех же направлениях, соответствующее порогу генерации канала.

Устойчивость любого простого канала должна быть не менее 2,5—3,5 дБ при холостом ходе дифференциальной системы и 6 дБ для дифференциальной системы с присоединенным телефонным аппаратом абонента.

В сложных ВЧ каналах при наличии переприема или промежуточного усилителя измерение устойчивости на усилительном участке транзитного канала выполняется так же, как для простого канала.

Нестабильность остаточного затухания в системе связи является источником искажений в КТМ, обусловленных не только изменением уровня приемного сигнала на входе МПРМ, но и изменением соотношений сигналов различных каналов в тракте приема АВС.

Основной причиной скачкообразных и плавных изменений остаточного затухания являются изменения затухания

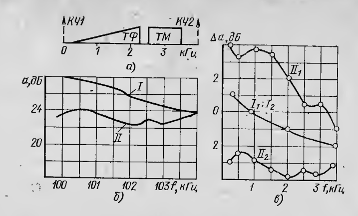


Рис. 31. Частотные характеристики спектра передачи (*а*), затухания ЛВТ (*б*) и остаточного затухания (*в*) системы связи

и частотных характеристик затухания ЛВТ. Плавные изменения затухания ЛВТ вызываются метеорологическими факторами, а скачкообразные изменения — коммутацией силового оборудования, входящего в схему ЛВТ. На рис. 31,*а* представлены спектры частот телефонного канала *ТФ* и группового канала телемеханики *ТМ*, которые передаются по каналу связи. Пунктиром показаны два варианта (*КЧ1* и *КЧ2*) расположения сигнала контрольной частоты системы связи относительно передаваемого спектра частот. На рис. 31,*б* приведены частотные характеристики ЛВТ до (кривая *I*) и после (кривая *II*) коммутации силового оборудования. На рис. 31,*в* показаны частотные характеристики остаточного затухания канала связи. Кривая I_1; I_2 соответствует частотной характеристике остаточного затухания до переключения силового оборудования ЛВТ при любом расположении сигнала КЧ. Кривые II_1 и II_2 характеризуют частотную зависимость остаточного затухания канала связи после коммутации силового оборудования ЛВТ соответственно для случая размещения сигнала КЧ в начале (*КЧ1*) и в конце (*КЧ2*) рабочего спектра частот канала связи.

Анализ приведенных характеристик показывает, что:

при коммутации силового оборудования подстанций в каналах связи по ВЛ наблюдаются значительные изменения частотных характеристик остаточного затухания;

изменения остаточного затухания происходят мгновенно;

характер изменения частотных характеристик остаточного затухания зависит от места расположения сигнала

контрольной частоты относительно спектра частот рабочих сигналов канала связи и характера изменения частотной характеристики затухания ЛВТ.

Групповой тракт телемеханики будет обладать тем большей стабильностью остаточного затухания, чем ближе расположен спектр его рабочих частот к сигналу контрольной частоты.

Измерение значений нестабильности остаточного затухания при коммутации силового оборудования выполняется в следующей последовательности. При нормальном состоянии ЛВТ выполняются измерения остаточного затухания канала телефонной связи и напряжения сигналов КТМ на выходе полосовых фильтров модемов приема. Те же измерения выполняются при отключении ВЛ от шин подстанции и при заземлении проводов отключенной ВЛ на подстанциях. Сравнением результатов этих трех измерений определяется нестабильность остаточного затухания телефонного канала как частотной характеристики вида

$$\Delta a_{ч,\,х} = a_{о,\,н} - a_{о,\,к}, \tag{82}$$

где $a_{о,\,н}$ — остаточное затухание на данной частоте при нормальном состоянии ЛВТ; $a_{о,\,к}$ — остаточное затухание на той же частоте при коммутации ВЛ.

Зависимость $\Delta a_{ч,\,х} = \varphi(F)$ вычисляется отдельно для случаев отключения ВЛ и заземления ВЛ. Значение $\Delta a_{ч,\,х}$ на любой из частот не должно превышать 3,0 дБ.

Нестабильность остаточного затухания КТМ определяется двумя значениями:

$$\left.\begin{aligned} \Delta a_{ТМ} &= 20 \lg \frac{U_1}{U_н}; \\ \Delta a'_{ТМ} &= 20 \lg \frac{U_2}{U_н}, \end{aligned}\right\} \tag{83}$$

где $U_н$, U_1, U_2 — напряжение сигналов ТМ на выходе полосового фильтра модема соответственно при нормальном состоянии ЛВТ, отключении ВЛ и заземлении ВЛ.

Максимальное значение $\Delta a_{ТМ}$ не должно превышать ± 4 дБ. Если нестабильность остаточного затухания не соответствует нормам, необходимо определить и выполнить мероприятия по повышению стабильности частотной характеристики ЛВТ.

Неравномерность амплитудно-частотной характеристики группового канала телемеханики может служить причиной неустойчивой работы КТМ. При прохождении сигнала по тракту с неравномерной амплитудно-частотной

характеристикой Δa (в полосе частот ЧМ сигнала) возникает паразитная амплитудная модуляция этого сигнала. Коэффициент паразитной амплитудной модуляции определяется по формуле:

$$m_A = \frac{10^{0,05\Delta a} - 1}{10^{0,05\Delta a} + 1}. \qquad (84)$$

При $\Delta a=2$ дБ $m_A=11\%$, при $\Delta a=3$ дБ $m_A=16,5\%$ и при $\Delta a=4$ дБ $m_A=22,5\%$.

Проверка качества амплитудно-частотной характеристики группового тракта телемеханики выполняется в следующей последовательности. К выходу ГТМ присоединяются номинальная нагрузка и параллельно ей электронный вольтметр и осциллограф. На противоположном конце канала связи на вход ГТМ через резистор с сопротивлением, равным входному сопротивлению ГТМ, присоединяется измерительный генератор. На выходе ИГ устанавливается напряжение сигнала, равное удвоенному номинальному напряжению сигнала ТМ на входе ГТМ. Меняя частоту ИГ ступенями 5—10 Гц в пределах полосы рабочих частот исследуемого КТМ, измеряют для каждого значения частоты напряжение сигнала на выходе ГТМ. Во время измерений напряжение сигнала на выходе ИГ поддерживается постоянным. Неравномерность амплитудно-частотной характеристики ГТМ в пределах частот данного КТМ определяется по формуле:

$$\Delta a = 20 \lg \frac{U_{max}}{U_{min}}, \qquad (85)$$

где U_{max} и U_{min} — максимальное и минимальное значения напряжения сигнала на выходе ГТМ.

Измеренное значение Δa должно быть не более 2,5 дБ.

Помехи, возникающие в канале связи, делятся на линейные и аппаратные. Аппаратные помехи, в свою очередь, подразделяются на собственные помехи аппаратуры и влияния, обусловленные переходными воздействиями сигналов одного канала связи на сигналы другого канала той же многоканальной или комбинированной системы связи. Собственные помехи проявляются при отсутствии передачи рабочих сигналов по каналам аппаратуры.

По характеру возникновения влияния делятся на прямые влияния и влияния нелинейности. Прямые влияния между каналами проявляются в виде стационарной гармонической помехи, появляющейся в канале, подверженном влиянию при прохождении рабочего сигнала по влияющему каналу. Частота сигнала помехи равна частоте влияющего сигнала или является результатом преобразования частоты влияющего сигнала в преобразователях индивидуального тракта канала, подверженного влиянию. Причинами появления прямых влияний являются: низкое качество или выход из строя фильтров индивидуального тракта приема канала, подверженного влиянию, дефектность фильтров индивидуального тракта передачи влияющего канала, паразитные связи усилительных элементов двух каналов через общие цепи питания, несовершенство экранирования цепей и элементов схемы.

Влияния нелинейности возникают при использовании для работы нелинейных участков амплитудных характеристик активных и пассивных элементов групповых трактов аппаратуры уплотнения. Влияния нелинейности могут проявляться как в виде флуктуационных (гладких) помех, так и в виде гармонической или селективной помехи с постоянной или меняющейся амплитудой.

Поскольку на выходе группового канала телемеханики все виды помех проявляются в виде флуктуационных или гармонических помех, с достаточной для практики точностью суммарное напряжение или уровень суммарных помех могут быть определены по формуле:

$$U_{п} = \sqrt{U^2_{л.п} + U^2_{а.п}}, \qquad (86)$$

где $U_{л,п}$ и $U_{а,п}$ — напряжения соответственно линейных и аппаратных помех.

При этом

$$U_{а.п} = \sqrt{U^2_{с,п} + U^2_{п,в} + U^2_{п,н}}, \qquad (87)$$

где $U_{с,п}$, $U_{п,в}$, $U_{п,н}$ — напряжения соответственно собственных помех прямых влияний и обусловленных нелинейностью групповых элементов трактов АВС.

Степень воздействия помех на качество работы канала оценивается помехозащищенностью или, как принято говорить, защищенностью канала, которая определяется по формуле:

$$A_{п\Sigma} = 20 \lg \frac{U_с}{U_п} = p_с - p_п, \qquad (88)$$

где $U_с$, $U_п$ — напряжения сигнала и помехи в точке измерения.

В соответствии с нормами на ЛВТ защищенность телефонного сигнала в отношении линейных помех, измеряемых на выходе канала связи, должна быть не менее 35 дБ, а сигнала телемеханики — не менее 32 дБ. Исходя из того, что аппаратные помехи не должны снижать общую защищенность более чем на 1 дБ по сравнению с защищенностью от линейных помех, следует считать, что уровень

аппаратных помех в телефонном канале должен быть на 45 дБ, а в КТМ на 38 дБ ниже уровня приема соответствующего сигнала.

Если канал предназначен для передачи дискретных сигналов, то защищенность его оценивается по отношению уровней сигнала немодулированной поднесущей частоты и помехи на выходе индивидуального фильтра модема приема. Если на выходе фильтра эти уровни измерить трудно, то измерения можно выполнить на выходе усилительных каскадов схемы модема приема, но обязательно до ограничителей максимальных и минимальных амплитуд.

Измерения выполняются в следующей последовательности. Со стороны передающего полукомплекта выключаются все сигналы, кроме сигналов КЧ и поднесущей частоты исследуемого КТМ. На приемном конце канала ламповым вольтметром измеряется напряжение сигнала поднесущей частоты $U_с$. Для контроля характера сигнала и помех параллельно ламповому вольтметру включается электронный осциллограф. Выключив сигнал поднесущей частоты, измеряют напряжение собственных и линейных помех $U_{п1}$ на выходе приемного фильтра. Для многоканальной системы связи напряжения помех измеряются на выходе приемного фильтра при передаче по всем другим каналам системы связи рабочих сигналов в направлении пункта измерений. При этом по КТМ передаются импульсы с номинальной скоростью передачи или низкочастотный сигнал средней рабочей частоты. По телефонному каналу передается низкочастотный сигнал с нулевым уровнем частоты, при котором напряжение сигнала влияния на выходе приемного фильтра исследуемого КТМ максимально. Эта частота отмечается в протоколе измерения. Измеренное значение $U_{п\Sigma}$ является напряжением суммарных помех, воздействующих на КТМ.

Напряжение влияний может быть определено по формуле:

$$U_{п.в} = \sqrt{U^2_{п\Sigma} - U^2_{п1}}. \qquad (89)$$

Методика выбора частоты рабочего сигнала телефонного канала, оказывающего наибольшее влияние на работу КТМ, изложена в § 3.

В объем работ при наладке КТМ входят:

а) регулировка диаграммы уровней;

б) измерение уровней сигнала и помех на выходе полосового фильтра модема приема;

в) измерение коэффициента паразитной амплитудной модуляции сигнала на выходе полосового фильтра модема приема;

г) измерение краевых искажений дискретных посылок, передаваемых по КТМ;

д) измерение помехозащищенности аналогового сигнала телемеханики;

е) измерение амплитудно-частотной характеристики КТМ, используемого для передачи аналоговых сигналов;

ж) контрольные испытания КТМ в полной схеме системы телемеханики.

Регулировка диаграммы уровней КТМ предусматривает обеспечение оптимальных значений уровней сигналов телемеханики на входе ГТМ, выходе тракта передачи оконечной АВС и выходе ГТМ. Методика определения оптимальных уровней передачи сигналов КТМ на выходе тракта передачи АВС была рассмотрена выше. Практически заданные значения уровней передачи сигналов КТМ устанавливаются после регулировки уровней передачи телефонных каналов и канала контрольной частоты. Для установки уровней к ВЧ выходу АВС присоединяется резистор сопротивлением 100 и 75 Ом. При установке уровня передачи какого-либо канала системы связи сигналы всех других каналов отключаются. Заданный уровень передачи данного КТМ устанавливается изменением уровня передачи соответствующего модема передачи на входе ГТМ. Поскольку усиление в тракте ГТМ различной АВС может быть различным, а уровень передачи сигнала КТМ на выходе тракта передачи АВС также не имеет нормированного значения, напряжение сигнала модема передачи на входе ГТМ не нормируется. В электрическом паспорте КТМ указанное напряжение должно быть обязательно отмечено. Напряжение сигнала телемеханики на выходе ГТМ зависит от типа АВС и количества КТМ в данном ГТМ, однако оно должно быть не менее чем на 13 дБ выше чувствительности модема приема КТМ.

Следует напомнить, что чувствительность МПРМ должна быть отрегулирована после измерения помехозащищенности канала телемеханики. Если при измерении помехозащищенности в соответствии с (88) получено значение $A_{ТМ}$, то чувствительность определяется по следующим формулам:

для МПРМ с формирователем посылок

$$p_ч \geqslant p_{с1} - A_{ТМ} + 12, \qquad (90)$$

5—3058

а для МПРМ без формирователя

$$p_ч \geqslant p_{c1} - A_{TM} + 6 + 20 \lg k, \qquad (91)$$

где p_{c1} — уровень полезного сигнала на входе МПРМ при измерении помехозащищенности КТМ; (60) и (91) выведены на основании (61) и (62).

Остановимся несколько подробнее на проверке отсутствия в КТМ селективной (одночастотной) помехи. При определении наличия и измерения уровня селективной помехи к выходу полосового фильтра модема приема присоединяются электронный вольтметр и осциллограф. Выключив в системе связи все сигналы, кроме сигналов контрольных частот, по экрану осциллографа анализируют характер помех в данном КТМ. На экране осциллографа селективная помеха проявляется в виде синусоидального колебания. При наличии селективной помехи выполняют измерения ее напряжения $U_п$ и частоты $f_п$. Включив на вход ГТМ сигнал соответствующего модема передачи, измеряют его напряжение $U_с$ в той же точке, где выполнялось измерение напряжения помехи. По данным измерений определяют $\Delta f_п = |f_п - f_0|$ и $\Delta p_{с, п} = 20 \lg \frac{U_с}{U_п}$, а по (17) оценивают степень влияния селективной помехи на качество передачи информации. Если искажения, обусловленные данной помехой, не превышают 3—4%, то наличие селективной помехи можно не учитывать. Если искажения от селективной помехи равны 10% или более, данный КТМ не должен вводиться в эксплуатацию до устранения источника селективной помехи.

Подобным же образом оценивается действие импульсных помех. Измерение амплитуды импульсной помехи выполняется в следующей последовательности. При отсутствии рабочего сигнала по сетке на экране осциллографа определяют амплитуду помехи в делениях этой сетки. Осциллограф отключают от модема приема и подключают к ИГ. Изменяя напряжение сигнала ИГ, добиваются, чтобы его амплитуда (по делениям сетки) оказалась равной амплитуде импульсной помехи. Электронным вольтметром измеряют напряжение сигнала ИГ ($U_{ИГ}$ на входе осциллографа и определяют напряжение импульсной помехи как $U_{п, и} = 1{,}41 \ U_{ИГ}$. Значение ожидаемых искажений посылок от импульсной помехи вычисляется по (20). Следует учитывать, что при значительных уровнях импульсных помех наблюдаются не только краевые искажения посылок, но и

дробление этих посылок. Измерения помех на выходе полосового фильтра модема нужно выполнять обязательно, однако эти измерения, обеспечивая исходные данные для эксплуатационного контроля состояния КТМ, не дают полного представления о качестве и надежности КТМ. Качество КТМ в большей степени характеризуется измерением параметров первичного сигнала на выходе КТМ, т. е. на выходе модема приема.

Одним из основных параметров КТМ является полоса эффективно-передаваемых частот ΔF, которая определяет не только максимальную скорость передачи посылок по данному КТМ, но и оптимальное значение девиации частоты и частотного сдвига в нем. Измерение эффективно-передаваемых частот КТМ выполняется в следующей последовательности. Выключают сигналы всех КТМ. К модему приема исследуемого КТМ подключают, так же как при измерении помех, электронный вольтметр и осциллограф. В модеме передачи исключается генератор тональной частоты, и ко входу усилителя передачи подключается ИГ. С ИГ подается сигнал частоты f_0, соответствующий средней характеристической частоте КТМ. Напряжение сигнала на выходе МПРД устанавливается вдвое больше, чем предусмотрено диаграммой уровней. При измерениях напряжение сигнала на выходе ИГ поддерживается постоянным. На приемном конце КТМ регистрируется напряжение U_0, соответствующее передаче сигнала f_0. Изменяя частоту ИГ сначала в сторону уменьшения, а затем в сторону увеличения, по цифровому частотомеру на выходе ИГ определяют граничные частоты f_1 и f_2, при которых напряжение сигнала на приемной стороне КТМ становится равным $0{,}25U_0$. Подобным же образом определяют частоты f_3 и f_4, при которых это напряжение становится равным $0{,}5U_0$. Контролируя цифровым частотомером, частоту ИГ изменяют ступенями по 10—15 Гц от f_3 до f_4 и для каждого значения частоты регистрируют напряжение сигнала на приемной стороне КТМ. По данным измерения для каждой частоты определяют значение

$$\Delta a = 20 \lg \frac{U_{max}}{U_f} \qquad (92)$$

и строят зависимость $\Delta a = \varphi(F)$. В (92) U_{max} — максимальное напряжение сигнала на выходе КТМ, а U_f — напряжение сигнала на заданной частоте. По графической характеристике избирательности тракта КТМ определяют полосу эффективно передаваемых частот в соответствии с рекомен-

дациями § 2. Учитывая действительное значение ΔF, полученное в результате измерения, уточняют значение девиации частоты и частотного сдвига в КТМ

$$\Delta f_{д}=0,5\Delta f_{c}=0,35\Delta F \quad (93)$$

и допустимую скорость передачи посылок

$$N=0,7\Delta F. \quad (94)$$

Измерение эффективно-передаваемой полосы частот в сложных каналах телемеханики с переприемами по тональной частоте и при наличии промежуточной АВС обязательно. Это же относится и к простым КТМ, работающим на частотах, близких к граничным частотам ГТМ, а так же к КТМ, в которых наблюдается значительная паразитная амплитудная модуляция сигнала на выходе полосового фильтра модема приема.

Измерение паразитной амплитудной модуляции частотно-модулированного сигнала на выходе полосового фильтра модема приема обязательно при наладочных работах. Оно выполняется с помощью осциллографа в соответствии с рекомендациями § 4. Осциллограф при выполнении измерений присоединяется к выходу полосового фильтра или к выходу первого каскада усилителя приема при условии, что этот каскад при рабочем уровне приемного сигнала не работает в режиме ограничения. При измерении дискретных КТМ по каналу передаются симметричные посылки со скоростью передачи устройства телемеханики данного КТМ. При измерении аналоговых КТМ по каналу передается сигнал частотой 35 Гц. Коэффициент паразитной амплитудной модуляции в КТМ не должен превышать 40%. При большем значении коэффициента модуляции должны быть приняты меры к устранению причин, вызвавших его увеличение.

Наиболее совершенным методом оценки качества работы дискретных каналов телемеханики является проверка их с помощью специальных приборов — измерителей краевых искажений. В состав такого прибора входят датчик дискретных сигналов и собственно измеритель краевых искажений. Проверка КТМ с помощью измерителей краевых искажений выполняется в следующей последовательности. Ко входу МПРД КТМ присоединяют датчик дискретных сигналов ДДС, а к выходу модема приема на втором конце КТМ измеритель краевых искажений ИКИ второго измерительного прибора. Для визуальной оценки посылок на выходе КТМ параллельно входу ИКИ подключают электронный осциллограф с длительным послесвечением. С ДДС посылают на вход МПРД сначала сигнал «Нажатие +», а затем сигнал «Нажатие —» и на входе ИКИ вольтметром постоянного тока измеряют напряжение выходного сигнала той и другой полярности U_+ и U_-, а вольтметром переменного тока — напряжение пульсации $U_\sim$. При правильной регулировке КТМ выполняются условия:

$$|U_+-U_-|\leqslant 0,05|U_++U_-|; \quad (95)$$

$$k_п=\frac{200U_\sim}{U_++U_-}. \quad (96)$$

Номинальное напряжение посылок на входе и выходе КТМ определяется техническими возможностями используемых модемов, однако желательно обеспечить условия, при которых эти напряжения будут равны, что особенно важно в КТМ с переприемами по первичному сигналу. Причинами нарушения условий (95) и (96) являются: погрешности в регулировке характеристических частот МПРД, неисправность входных цепей МПРД, погрешность настройки дискриминатора МПРМ (при отсутствии выходного формирующего устройства), изменение режима выходного формирующего устройства МПРМ. При передаче по КТМ однополярных дискретных сигналов между значениями напряжений выходного сигнала соответствующих $U_{пос}$ при приеме токовой посылки и $U_{о,п}$ при приеме бестоковой посылки должно соблюдаться условие:

$$U_{пос}\geqslant 20U_{о,п}. \quad (97)$$

Коэффициент пульсации при этом определяется по формуле, %:

$$k_п=U_\sim/U_{пос}. \quad (98)$$

Выключив в системе связи сигналы всех каналов, кроме испытуемого КТМ и канала контрольной частоты, с ДДС передают в КТМ комбинацию посылок типа 1 : 1 (симметричные посылки) со скоростью, равной или близкой к эксплуатационной скорости передачи устройства телемеханики данного КТМ. На приеме ИКИ покажет суммарное искажение посылок, обусловленное наличием в КТМ преобладания и линейных помех. В большинстве ИКИ предусмотрена возможность определения доли искажений, вызванных каждым из указанных факторов. Искажения преобладания обусловлены качеством регулировки модемов и погрешностью частоты передачи в канале связи. Искажения преобладания во всех случаях должны быть доведены до 3—4% соответствующей регулировкой элементов КТМ. Случайные искажения, вызванные наличием линейных помех, могут быть снижены повышением уровня передачи сигнала КТМ на выходе АВС или уменьшением затухания ЛВТ. Значение искажений посылок в хорошем КТМ не должно превышать 10%.

С ДДС передают комбинацию посылок типа 6 : 1 или 1 : 6, состоящую из посылки одной полярности длительностью шесть элементарных посылок и посылки другой полярности, длительностью одна элементарная посылка. Эта комбинация передается специально для измерения характеристических искажений в данном КТМ. Измерение характери-

стических искажений обязательно для всех КТМ, по которым должны работать кодоимпульсные или время-импульсные устройства телемеханики.

Характеристические искажения в КТМ не должны превышать 10%; если их значение выше, следует принять меры для устранения причин, вызывающих появление этих искажений (см. § 2). Поскольку характеристические искажения являются функцией скорости передачи посылок, одним из способов устранения этих искажений является снижение эксплуатационной скорости передачи устройства телемеханики. В сложных каналах телемеханики с переприемами указанный способ является единственно эффективным. После измерения характеристических искажений включают сигналы по всем каналам системы связи. По телефонным каналам передают сигналы мешающих частот, определенных в соответствии с рекомендациями § 3, а по КТМ — первичные сигналы, соответствующие рабочему режиму канала. По исследуемому КТМ от ДДС передается сложная комбинация посылок—«текст». На приемном конце КТМ ИКИ покажет максимальные краевые искажения посылок, которые могут возникнуть в данном КТМ при данном режиме работы системы связи.

При наладке ВЧ систем телемеханики по ВЛ надо считаться с возможностью одного из трех режимов работы ВЛ: рабочего режима, отключения ВЛ от подстанции и отключения от подстанции и заземления ВЛ. Последнее измерение КТМ целесообразно выполнять для всех трех режимов работы системы связи, так как заведомо не известно, какой из режимов наиболее тяжелый. Максимально допустимые краевые искажения посылок в КТМ определяются по (11) при $З_{к,и}=10\%$ для систем телеизмерения, $З_{к,и}=15\%$ для систем ТУ—ТС и $З_{к,и}=20\%$ для систем телемеханики, используемых при регулировании или в системной автоматике.

Защищенность недостаточно полно характеризует работоспособность КТМ дискретных систем. Более полной оценкой такого канала является запас стабильности по помехам. Запас стабильности измеряется следующим образом.

Между выходом ВЧ передатчика АВС на передающем конце канала и входом ВЧ фидера включается магазин затухания МЗ1, на котором устанавливается нулевое затухание. Ко входу передатчика КТМ присоединяется датчик прибора измерителя краевых искажений, а к выходу модема приема — приемное устройство измерителя искажений. С датчика подаются точки или комбинация сигналов с предельной скоростью передачи, допустимой для данного канала. По всем другим каналам рассматриваемой системы связи передаются рабочие сигналы. На передающем конце канала ступенями в 2—3 дБ увеличивают затухание МЗ1 до значения $a_{МЗ}$, при котором краевые искажения сигналов на приемном конце канала достигнут максимально допустимого значения $\delta_{доп}$. Запас стабильности КТМ по помехам будет равен $a_{МЗ}$. Если выключить датчик импульсов и измерить напряжение помех $U_п$ на выходе фильтра модема приема КТМ, то запас стабильности можно определить по формуле:

$$З_{с,п}=20\lg\frac{U_п}{U_{н,п}}, \quad (99)$$

где $U_{н,п}$ — напряжение помех, измеренное в нормальном режиме работы канала, т. е. при отсутствии МЗ1.

При измерении запаса стабильности по остаточному затуханию из схемы исключается МЗ1, по всем каналам системы передаются рабочие сигналы, а по исследуемому — испытательные сигналы датчика. На передающем конце канала медленно уменьшают уровень сигнала модема передачи измеряемого КТМ до тех пор, пока измеритель на приемном конце не покажет предельно допустимое значение краевых искажений. Отключив датчик, измеряют на выходе приемного фильтра напряжение сигнала поднесущей частоты канала $U'_с$. Запас стабильности канала по остаточному затуханию определяется по формуле:

$$З_{с,о}=20\lg\frac{U_с}{U'_с}, \quad (100)$$

где $U_с$ — напряжение сигнала поднесущей частоты на выходе фильтра приема в нормальном режиме работы.

При отсутствии специального измерителя краевых искажений проверка КТМ может быть выполнена с использованием ДДС, принципиальная схема которого приведена на рис. 13. В качестве ИКИ в данном случае используется осциллограф, присоединенный к выходу МПРМ параллельно номинальной нагрузке. В ДДС передаются на вход МПРД дискретные посылки со скоростью, соответствующей эксплуатационной скорости передачи устройства телемеханики. Осциллограмма этих посылок на рис. 32,*а*, а на рис. 32,*б* — осциллограмма по-

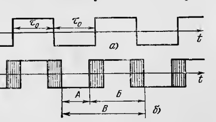


Рис. 32. Осциллограммы посылок: на входе МПРД (*а*) и на выходе МПРМ (*б*)

сылок на экране осциллографа с послесвечением. Зона смещений фронтов посылок обусловлена наличием краевых искажений в КТМ. Измерив величины *А*, *Б* и *В* (рис. 32,*б*) на экране осциллографа, краевые искажения посылок, %, определяем по формуле:

$$\delta = \frac{|Б - А|}{|2В|} 100 = \frac{|Б - А|}{|Б + А|} 50. \qquad (101)$$

Для измерения характеристических искажений данный способ измерения использовать нельзя, однако при помощи ДДС с плавно изменяемой скоростью симметричных посылок можно определить предельную скорость передачи по данному КТМ, при которой характеристические искажения практически отсутствуют. Это измерение выполняется следующим образом. На приемном конце КТМ осциллограф присоединяется непосредственно к выходу дискриминатора модема приема до формирующего устройства. На передающем конце КТМ на вход МПРД подают посылки с ДДС при скорости передачи, в 2 раза меньшей номинальной скорости передачи по данному КТМ. По сетке экрана осциллографа измеряют максимальную амплитуду напряжения приемных посылок $U_{пос}$. Медленно увеличивают скорость передачи ДДС до тех пор, пока максимальная амплитуда напряжения посылки на экране осциллографа не уменьшится до (0;8—0,85)$U_{пос}$. Скорость передачи посылок, соответствующая данному случаю, будет граничной скоростью передачи, при которой в КТМ еще возникают заметные характеристические искажения. Для обеспечения качественной работы устройств телемеханики кодоимпульсных и время-импульсных систем эксплуатационная скорость передачи должна быть на 15—20% меньше граничной скорости передачи КТМ.

При наладке аналоговых КТМ измеряют защищенность канала, запас стабильности канала в отношении помех и изменения остаточного затухания, амплитудно-частотную характеристику канала и нелинейные искажения первичного сигнала на выходе КТМ. Защищенность измеряют на выходе полосового фильтра модема приема и на выходе модема приема. Методика измерения защищенности на выходе фильтра ничем не отличается от измерения того же параметра в дискретных КТМ. Измерение защищенности КТМ по выходному сигналу выполняют в следующей последовательности. К выходу МПРМ присоединяют номинальную нагрузку, а параллельно ей вольтметр и осциллограф. С МПРД передают среднюю характеристическую

частоту КТМ, а на выходе МПРМ измеряют напряжение линейных и собственных помех $U_{п1}$ при выключенных рабочих сигналах всех каналов системы связи, кроме сигнала исследуемого КТМ и сигнала контрольной частоты. Включив рабочие сигналы всех каналов данной системы связи, на выходе КТМ измеряют суммарное напряжение помех $U_{п2}$, обусловленное линейными и собственными помехами и помехами нелинейности. На вход МПРД подают сигнал от ИГ, уровень которого соответствует номинальному первичному сигналу на входе МПРД. Изменяя частоту ИГ в пределах рабочей полосы частот аналогового первичного сигнала с частотным интервалом 3 Гц, на выходе МПРМ измеряют напряжение сигнала для каждого значения частоты. Определив по данным измерений минимальное значение напряжения приемного сигнала U_{min} на выходе МПРМ, определяют защищенность КТМ по линейным и собственным помехам по формуле

$$A_{п,л} = 20 \lg \frac{U_{min}}{U_{п1}} \qquad (102)$$

и общую защищенность по формуле

$$A_{п,о} = 20 \lg \frac{U_{min}}{U_{п2}} \,. \qquad (103)$$

Если защищенность сигнала на выходе полосового фильтра модема приема выше значения $A_{п,л}$, то в КТМ уровень собственных помех значителен. Источниками этих помех могут быть: паразитная частотная модуляция тонального сигнала в МПРД, паразитная частотная модуляция одного или нескольких сигналов несущих частот преобразователей частоты АВС, влияния в схеме МПРД.

Амплитудно-частотная характеристика КТМ представляется как функция $\Delta a_{ч,х} = \varphi(F)$, где F — частота первичного сигнала на входе МПРД; неравномерность определяется по формуле:

$$\Delta a_{ч,х} = 20 \lg \frac{U_{max}}{U_F} \,, \qquad (104)$$

где U_{max} — максимальное напряжение приемного сигнала на выходе МПРМ; U_F — напряжение сигнала в той же точке при передаче по КТМ первичного сигнала частотой F.

Значение $\Delta a_{ч,х}$ в рабочей полосе частот первичного сигнала не должно превышать 6 дБ. Запас стабильности КТМ по помехам определяется следующим образом. Определяют максимально допустимое значение напряжения помех

на выходе КТМ по формуле:

$$U_{п.\,max} = U_{min} \cdot 10^{-0.05 \Delta p_{с,п\,min}}, \qquad (105)$$

где $\Delta p_{с,п,min}$ — минимально допустимое соотношение уровней сигнала и помехи на входе данного приемного устройства телемеханики.

Значение $\Delta p_{с,п\,min}$ указано в техническом описании устройства телемеханики, предназначенного для работы по данному КТМ. Обычно $U_{п\,max}=0{,}1U_{min}$. Между выходом передатчика АВС и ВЧ фидером на передающем конце КТМ включают магазин затухания (МЗ). По всем каналам системы связи, кроме исследуемого КТМ, передаются рабочие сигналы. По исследуемому КТМ передаются только тональный сигнал средней характеристической частоты. К выходу МПРМ исследуемого КТМ параллельно нагрузке присоединяют электронный вольтметр и осциллограф. Затухание МЗ изменяют ступенями по 3—5 дБ от нуля до тех пор, пока вольтметр на выходе МПРМ не покажет напряжение помехи $U_{п\,max}$. Затухание, установленное на МЗ, будет равно запасу стабильности КТМ в отношении помех.

Запас стабильности по остаточному затуханию измеряют в следующей последовательности. Между выходом МПРД и входом ГТМ включают МЗ, установив на нем нулевое затухание. На вход МПРД от ИГ подают сигнал частотой 35 Гц с номинальным уровнем передачи. На приемном конце КТМ к выходу ограничителя максимальных амплитуд присоединяют электронный осциллограф. Наблюдая за сигналом по экрану осциллографа, увеличивают затухание МЗ до тех пор, пока не появится сигнал с амплитудной модуляцией глубиной 5—10%. Затухание МЗ будет равно запасу стабильности КТМ по остаточному затуханию.

Оценка формы сигнала на выходе КТМ производится по коэффициенту нелинейности, определяемому по формуле:

$$k = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \cdots + U_n^2}}{U_1}\,100, \qquad (106)$$

где U_1 — напряжение первой гармоники исследуемого сигнала; U_2, U_3, U_n — напряжение соответственно второй, третьей и n-й гармоники в исследуемом сигнале.

Измерение гармонических составляющих сигнала на выходе КТМ выполняется анализатором гармоник. Коэффициент нелинейности аналогового сигнала на выходе КТМ не должен превышать 20%.

Окончательная оценка качества наладки КТМ производится в процессе тренировочной эксплуатации КТМ при обязательном подключении к нему передающего и приемного устройств телемеханики. Затем выполняются контрольные измерения параметров первичных сигналов, поступающих на вход МПРД КТМ от передающего устройства телемеханики. Для обеспечения качественной передачи дискретных сигналов их параметры на входе должны отвечать следующим требованиям:

амплитуда напряжения посылок должна соответствовать номинальному значению, указанному в электрическом паспорте КТМ;

эксплуатационное изменение амплитуды напряжения посылок относительно номинального значения должно быть не более ±5% при использовании МПРД без ФТУ и ±15% при использовании МПРД с ФТУ;

амплитуда выбросов напряжения в начале и конце посылки не должна быть больше 5% номинального значения амплитуды напряжения посылки при МПРД без ФТУ и 10% при МПРД с ФТУ;

краевые искажения посылок на входе МПРД без ФТУ или на выходе ФТУ в МПРД с ФТУ не должны превышать 3—5%;

эксплуатационная скорость передачи посылок не должна превышать максимально допустимой скорости передачи по данному КТМ, указанной в электрическом паспорте КТМ.

При проверке системы телемеханики желательно выполнить проверку достоверности передачи информации в различных режимах работы канала связи.

7. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКАЗА

В эксплуатации обнаружение и устранение отказа системы телемеханики обычно производят в следующей последовательности. Непрохождение по системе телемеханики обнаруживается диспетчером или персоналом группы телемеханики. Персонал группы телемеханики определяет путем соответствующих испытаний характер отказа: отказ устройства телемеханики или отказ КТМ. В первом случае все работы по обнаружению и устранению причины отказа проводятся группой телемеханики без участия персонала центрального (местного) узла связи ЦУС (МУС). Во втором случае персонал групп телемеханики сообщает об от-

казе КТМ дежурному инженеру ЦУС (МУС), который принимает меры к обнаружению и устранению причин отказа. После восстановления канала связи выполняется проверка действия всей системы телемеханики при участии персонала группы телемеханики и узла связи.

Для обеспечения надежности КТМ эксплуатационный персонал должен в совершенстве овладеть методикой отыскания места возникновения отказа в КТМ. Сущность этой методики сводится к следующему. Весь КТМ разбивается на индивидуальные и групповые тракты передачи и приема. Индивидуальным трактом передачи (приема) называется совокупность элементов КТМ, предназначенного для передачи (приема) сигнала одного канала передачи информации. Групповым трактом называется совокупность элементов, предназначенных для передачи (приема) сигналов нескольких каналов передачи информации.

При проявлении отказа КТМ анализируются внешние проявления этого отказа и устанавливаются характер отказа и предполагаемая причина его возникновения. Анализируется качество работы всех других каналов данной системы связи в момент отказа КТМ. Сопоставляются данные обоих анализов и делается предположение о месте возникновения причины отказа.

Проводятся специальные измерения системы связи и КТМ, обоснованные результатами анализа, для конкретизации места и уточнения причины появления отказа. После определения места возникновения отказа выполняются восстановительные работы. Работы по устранению отказа заканчиваются проверкой правильности функционирования всей системы телемеханики.

При анализе внешних проявлений отказов КТМ следует учитывать, что повреждения индивидуальных трактов передачи или приема вызывают отказ только того канала, в состав которого входят эти тракты. Повреждения в групповых трактах телемеханики вызывают отказ во всех каналах телемеханики данной системы связи. Исключение составляет нарушение частотной характеристики затухания группового фильтра КТМ, которое при определенных условиях сказывается только на крайних по частотному спектру КТМ.

Повреждение в групповом тракте передачи или приема аппаратуры связи характеризуется отказом всех каналов данной системы. Исключение опять-таки составляют частотные нарушения характеристик фильтров группового тракта, которые могут оказать селективные воздействия на качество работы отдельных каналов.

Нарушение параметров линейного ВЧ тракта может вызвать как отказы во всех каналах системы связи, так и селективные воздействия на качество работы отдельных каналов.

Нарушение изоляции ВЛ, повреждение фазного провода, по которому организован ЛВТ, повреждение элементов обработки и присоединения к ВЛ оказывают влияние на качество работы всех каналов системы связи. Это же относится к воздействию на ЛВТ метеорологических условий. Изменение неравномерности частотной характеристики затухания ЛВТ могут вызвать как общие, так и селективные отказы в системе связи. В некоторых случаях эти изменения вызывают перегрузку группового тракта ВЧ аппаратуры, сопровождающуюся появлением нелинейных искажений, вызывающих переходные влияния между каналами системы связи. Селективная помеха, возникающая в ЛВТ, оказывает влияние, как правило, на отдельные каналы системы связи. Исключение составляет случай, когда частота селективной линейной помехи близка к частоте контрольного сигнала, управляющего устройством АРУ приемника ВЧ аппаратуры. Такое совпадение частот вызывает периодическое изменение остаточного затухания в каналах всей системы связи и связанные с ним искажения в КТМ. Повреждения групповых узлов аппаратуры (генераторов несущих частот, блоков питания, устройств АРУ и т. д.) вызывают отказы во всех каналах системы связи. Поясним методику отыскания места отказа в КТМ некоторыми примерами.

На рис. 33 приведена типовая структурная схема индивидуальных и групповых трактов передачи и приема КТМ.

Рассматривается вариант системы связи на аппаратуре типа АСК-1, обеспечивающей передачу информации одного канала телефонной связи и двух каналов телемеханики, направление передачи — от пункта *А* к пункту *Б*.

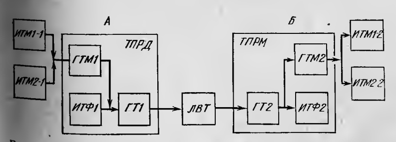


Рис. 33. Структурная схема индивидуальных и групповых трактов канала телемеханики

В схему первого канала телемеханики входят:

а) индивидуальный тракт передачи канала телемеханики *ИТМ1-1* в пункт *А*. Им является модем передачи МПРД первого канала телемеханики;

б) групповой тракт передачи сигналов телемеханики *ГТМ1* тракта передачи ТПРД ВЧ аппаратуры связи пункта *А*; тракт обеспечивает передачу сигналов первого и второго каналов телемеханики;

в) групповой тракт передачи *ГТ1* ВЧ аппаратуры, обеспечивающий передачу сигналов обоих каналов телемеханики, контрольной частоты и сигналов телефонного канала, поступающих на вход *ГТ1* с выхода индивидуального тракта передачи телефонного канала *ИТФ1*;

г) групповой линейный ВЧ тракт *ЛВТ*, по которому передаются все сигналы системы связи, включая и сигналы каналов телемеханики;

д) групповой тракт приема *ГТ2* ВЧ аппаратуры связи пункта *Б*, обеспечивающий прием сигналов всех каналов системы связи;

е) групповой тракт приема каналов телемеханики *ГТМ2* тракта приема ТПРМ аппаратуры связи пункта *Б*, обеспечивающий прием сигналов обоих каналов телемеханики;

ж) индивидуальный тракт приема первого канала телемеханики *ИТМ1-2*, представляющий собой модем приема МПРМ первого канала телемеханики.

Предположим, что отказ в первом канале телемеханики проявляется в виде периодических сбоев в приеме информации приемным устройством телемеханики, работающим на этом канале. Второй канал телемеханики работает нормально. Подключив электронный осциллограф к выходу дискриминатора модема приема первого канала телемеханики, оценим форму сигнала, обращая особое внимание на участки нарастания и спада дискретного сигнала. Предположим, что наблюдается периодическое искажение формы сигнала. Следовательно, в канале телемеханики имеет место помеха, вызывающая искажение информационного сигнала. Подключаем осциллограф к выходу дискриминатора второго канала телемеханики и убеждаемся, что в этом канале помехи нет. Подключившись телефоном к приемному тракту телефонного канала в пункте *Б*, по слуху убеждаемся в отсутствии повышенного уровня помех. Подключив осциллограф снова к выходу дискриминатора модема приема первого канала телемеханики, осуществляем обмен вызовами по телефонному каналу и убеждаемся в отсутствии влияния их на первый канал телемеханики.

На основании выполненных проверок можно сделать следующие выводы:

а) в первом канале телемеханики действует помеха, вызывающая отказ;

б) к возникновению этой помехи не имеют отношения групповые тракты телемеханики *ГТМ1*, *ГТМ2* и групповые тракты *ГТ1* и *ГТ2*;

в) помеха в канале телемеханики имеет селективный характер;

г) источником помехи может быть: индивидуальный тракт передачи *ИТМ1-1*, индивидуальный тракт приема *ИТМ1-2*, линейный ВЧ тракт *ЛВТ*.

Выключив модем передачи первого канала телемеханики, подключаем электронный осциллограф ко входу ограничителя (выход фильтра приема) модема приема первого канала телемеханики и определяем наличие селективной помехи. Если такой помехи нет, то *ЛВТ* не является местом появления причины отказа.

Отключив модем приема от *ГТМ2* и подав на вход его сигнал измерительного генератора с номинальным уровнем и средней характеристической частотой данного модема, измеряем электронным вольтметром переменного тока напряжение собственных помех модема $U_п$ на выходе дискриминатора. Подав с измерительного генератора верхнюю или нижнюю характеристическую частоту данного модема, вольтметром постоянного тока измеряем напряжение сигнала $U_с$ в той же точке схемы модема. Если отношение $U_с$ к $U_п$ не менее 20 дБ, модем приема не является источником помехи, вызвавшей отказ канала телемеханики.

Подключив модемы к каналу связи, отключаем от входа модема передачи соединительную пару к передающему устройству телемеханики. Подаем с модема передачи в канал связи сначала нижнюю, а затем верхнюю характеристические частоты. По осциллографу на выходе дискриминатора модема приема определяем коэффициент паразитной амплитудной модуляции сигнала. Если коэффициент равен или больше 6—7%, то причиной отказа канала телемеханики является пульсация выпрямленного напряжения в модеме передачи первого канала телемеханики. Такой же отказ может вызвать пульсация выпрямленного напряжения цепей питания передающего устройства телемеханики или наводка напряжения промышленной частоты со стороны силовых цепей на соединительную пару кабеля, проложенного между модемом передачи и устройством телемеханики. Следует подчеркнуть, что и передающее устройство телемеханики, и соединительная пара, и

модем передачи являются элементами индивидуального тракта передачи *ИТМ1-1* первого канала телемеханики.

Рассмотрим случай отказа канала телемеханики, характеризующийся тем, что при определенных переключениях силового оборудования, входящего в состав *ЛВТ*, вызов, передаваемый по телефонному каналу со стороны пункта *А*, вызывает сбои в работе приемного устройства телемеханики в пункте *Б*. Анализ указанных явлений и схемы, приведенной на рис. 33, позволяет сделать следующие выводы:

а) тракты передачи канала телемеханики (*ИТМ*, *ГТМ1*, *ГТ1*) не могут быть источниками причины отказа;

б) *ЛВТ* не может быть источником нелинейных влияний, но поскольку отказ связан с изменением характера *ЛВТ*, эти изменения создают условия для появления нелинейных искажений в приемных трактах оборудования в пункте *Б*;

в) нелинейные искажения возникают в групповом тракте приема *ГТ2*, поскольку только в этом тракте одновременно проходят сигналы телемеханики и вызова.

Для проверки указанных выводов выполняется измерение уровней приема сигналов телемеханики па выходе полосовых фильтров модемов приема (или на выходе *ГТМ2*) и остаточного затухания телефонного канала связи. Как правило, данный вид отказа характеризуется уменьшением остаточного затухания телефонного канала и уменьшением уровня сигналов каналов телемеханики. Причина этого явления — изменение неравномерности частотной характеристики затухания *ЛВТ*, вызванное переключением силового оборудования. При этом изменении затухание *ЛВТ* на частоте контрольного сигнала и на частотах каналов телемеханики возросло по сравнению с затуханием на частотах вызова телефонного канала.

Рассмотрим случай отказа обоих каналов телемеханики, характеризующийся случайными, но частыми сбоями в работе обоих приемных устройств телемеханики. Проверкой формы сигналов телемеханики на выходе дискриминаторов обоих модемов приема установлено наличие преобладания амплитуды напряжения положительной посылки над амплитудой напряжения отрицательной посылки. Такие искажения могут быть вызваны:

а) смещением характеристических частот передающего модема относительно номинальных значений;

б) смещением частот настройки контуров дискриминатора в модеме приема;

в) нарушением балансировки выходного напряжения дискриминатора модема приема;

г) нарушением синхронности несущих частот преобразователей в аппаратуре ВЧ связи.

Причины, изложенные в пп. а—в, следует отклонить вследствие маловероятности их действия одновременно на оба канала телемеханики. Наиболее вероятной причиной отказа может быть нарушение синхронизации несущих частот в канале связи, ибо наличие такого фактора практически одинаково воздействует на оба канала телемеханики.

Для проверки данного предположения со стороны пункта *А* передают по телефонному каналу сигнал 800—1000 Гц, частоту которого тщательно устанавливают по частотомеру. На приемном конце канала (в пункте *Б*) измеряют частотомером частоту приемного сигнала. Отсутствие в канале связи нарушения синхронизации свидетельствует о том, что частота сигнала в пункте *Б* соответствует частоте передаваемого сигнала в пункте *А* с точностью ±1 Гц. При отсутствии частотомера проверка выполняется в следующей последовательности. В пункте *А* по одному из каналов телемеханики передают непрерывный сигнал одной из характеристических частот модема передачи. Вход вертикальной развертки осциллографа присоединяют к выходу усилителя передачи модема, а ко входу горизонтальной развертки осциллографа присоединяют выход измерительного генератора, который параллельно подключен ко входу телефонного канала связи. По фигуре Лиссажу частоту сигнала измерительного генератора устанавливают равной половине значения характеристической частоты модема передачи. На экране осциллографа в этом случае наблюдается неподвижная фигура «восьмерки». В пункте *Б* один из входов электронного осциллографа присоединяют к выходу ограничителя максимальных амплитуд модема приема канала телемеханики, по которому передается сигнал характеристической частоты, а на второй вход осциллографа подается сигнал с выхода телефонного канала. Если на экране осциллографа появится неподвижное изображение «восьмерки», то в канале связи нет нарушения синхронизации несущих частот; если же фигура на экране осциллографа не является «восьмеркой», то частоты несущих сигналов отличны от номинальных в одном или нескольких преобразователях частоты группового тракта.

В практике эксплуатации используется аппаратура ВЧ связи трех типов. Аппаратура первого типа имеет кварцевые генераторы несущих частот, и синхронизация этих несущих частот осуществляется термостатированием. Аппаратура второго типа имеет кварцевые генераторы несущих частот без термостатирования, а синхронизация осущест-

6—3058

вляется принудительно путем воздействия сигнала контрольной частоты в тракте приема аппаратуры на соответствующий узел принудительной синхронизации. В аппаратуре третьего типа синхронизация несущих частот достигается путем выделения контрольного сигнала и непосредственного использования его в качестве несущего сигнала последней ступени частотного преобразования тракта приема аппаратуры. К первому типу относится аппаратура ВО-12, В-3-3, ко второму АСК-1, АСК-3 и к третьему— КМК-64, СПИ-244, СПИ-122 и т. д. В системах связи, выполненных на аппаратуре первого типа, нарушений синхронизации принципиально быть не может. В системах связи на аппаратуре третьего типа нарушение синхронизации (при его возникновении) имеет длительный или периодический характер при длительном цикле изменения. В системах связи на аппаратуре второго типа наблюдается кратковременное или полное нарушение синхронизации. Указанные особенности систем связи должны учитываться при определении причин отказов каналов телемеханики.

8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАНАЛОВ ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Качество налаженного КТМ полностью оценивается при проверке его совместно с устройствами телемеханики.

Ввод систем телемеханики в эксплуатацию производится приемочной комиссией, назначенной приказом главного инженера предприятия.

В состав приемочной комиссии, кроме представителей наладочной организации и службы связи и телемеханики, должен входить представитель диспетчерской службы, которая будет использовать данную систему телемеханики.

Комиссии должна быть предъявлена полностью смонтированная и налаженная система телемеханики. До предъявления системы телемеханики к сдаче приемочной комиссии проводится тренировочная эксплуатация системы телемеханики. Во время тренировочной эксплуатации система телемеханики должна функционировать без вмешательства эксплуатационного персонала. Тренировочная эксплуатация, длительность которой устанавливается не менее чем 72 ч, должна определить качество работы системы в нормальных эксплуатационных условиях, желательно при максимальной нагрузке. Системы телеизмерения и телеизмерения по вызову вводятся полностью. Системы телеуправления и телесигнализации, а также системы телерегулирования на время тренировочной эксплуатации желательно включить «на сигнал». Это обеспечивает возможность регулярных проверок достоверности и надежности работы системы путем передачи с диспетчерского пункта периодических запросов и команд Результаты тренировочной эксплуатации системы телемеханики оформляются соответствующими протоколами и предъявляются приемочной комиссии.

Кроме того, приемочной комиссии должны быть предъявлены техническая и проектная документация на данную систему телемеханики и перечень всех отступлений от проектных решений, допущенных при монтаже и наладке системы телемеханики. Целесообразность этих отступлений должна быть подтверждена соответствущими расчетами и материалами специальных испытаний.

В состав технической документации, предъявляемой при вводе системы телемеханики в эксплуатацию, входит техническая документация канала телемеханики и устройств телемеханики.

Техническая документация канала телемеханики должна содержать:

а) структурную схему системы телемеханики, включающую: устройства телемеханики, модемы, конечную и промежуточную АВС, ВЧ тракт систем связи с указанием напряжения ВЛ, расположения проводов ВЛ на опорах, длин участков ВЛ, наличия промежуточных подстанций, рабочей фазы ВЛ, элементов ВЧ обработки и присоединения, длин ВЧ кабелей;

б) электрические паспорта оборудования системы связи, в том числе аппаратуры уплотнения, модемов, элементов обработки и присоединения (ВЧ заградителей, фильтров присоединения, конденсаторов связи, разделительных фильтров);

в) частотные характеристики затухания линейных трактов системы связи, диаграммы линейных уровней передачи, данные об уровнях линейных помех;

г) схему соединения каналов связи, составленную для каждого элемента канала с указанием всех соединительных линий узлов и зажимов подключений.

Техническая документация устройств телемеханики должна содержать:

а) принципиальные и монтажные схемы устройств телемеханики, обнаруженных при наладке ошибок и опечаток или внесенных при наладке изменений;

б) монтажные таблицы и схемы для каждого устройства. Для устройств телемеханики со многими межаппаратными соединениями предпочтительнее составлять монтажные таблицы, а не схемы;

6*

в) электрические паспорта устройств телемеханики;

г) протоколы полных эксплуатационных проверок устройств, выполненных при наладке системы телемеханики. Эти протоколы должны содержать результаты измерений основных параметров устройств телемеханики, характеристики устройств и все данные о работах, выполненных при наладке устройств.

Комплекс контрольных измерений и испытаний устройств и всей системы телемеханики комиссия выполняет в соответствии с действующими инструкциями по приемке устройств телемеханики и каналов связи в эксплуатацию с учетом конкретных условий приемки. При приемке систем телемеханики, выполненных на базе нового (неосвоенного на данном предприятии) оборудования, комплекс контрольных испытаний и измерений расширяется для выявления всех эксплуатационно-технических возможностей устройств проверки их соответствия техническим условиям.

В обязательном порядке проводятся следующие испытания системы телемеханики.

Проверка работы системы телемеханики в нормальных условиях осуществляется путем передачи с передающего устройства телемеханики поочередно всей возможной информации и оценки качества принимаемой информации по результатам ее отображения или по правильности фиксации ее приемным устройством телемеханики. Длительность сеанса проверки не менее 30 мин; за время сеанса не должно быть ни одной ошибки. Особое внимание уделяется проверке качества передачи кодовых комбинаций, в которых имеются элементарные посылки обоих знаков, следующие непосредственно за посылками длительностью 3, 5 и более элементарных посылок. Наличие ошибочного приема таких комбинаций говорит о характеристических искажениях в канале телемеханики.

Проверка запаса системы телемеханики по линейным помехам. Для этого между выходом передатчика аппаратуры ВЧ связи на передающем конце канала телемеханики и ВЧ кабелем включается магазин затухания с входным сопротивлением 75—135 Ом и затуханием 0 дБ. Осуществляя передачу наиболее сложной комбинации, изменяют затухание магазина затухания до $a_м$, при котором начинают появляться случаи ошибочного приема информации приемным устройством телемеханики. Изменение затухания магазина выполняют в интервалах времени прекращения передачи, чтобы в моменты изменения затухания мгновенные изменения уровня передачи не внесли погрешность в измерение. Запас системы телемеханики в отношении линейных помех и эксплуатационный предел работы АРУ равны значению $a_м$, полученному на магазине затухания. Значение $a_м$ должно быть не менее 10 дБ. Чем больше значение $a_м$, тем более надежен канал телемеханики в отношении линейных помех и повышения затухания линейного ВЧ тракта.

Проверка отсутствия влияний в системе связи осуществляется в следующей последовательности. Исключив магазин затухания, по каналу передают телеинформацию и наблюдают за работой приемного устройства телемеханики. По телефонным каналам системы связи неоднократно осуществляют вызов и отбой. В работе приемного устройства телемеханики не должно быть сбоев. Осуществив соединение по телефонному каналу (каналам) со стороны пункта, где установлено передающее устройство телемеханики, передают сигналы частот, которые оказывают наибольшее влияние на каналы телемеханики. Эти частоты выбираются в соответствии с рекомендациями § 3. На двухпроводном входе телефонного канала устанавливается уровень передачи влияющих сигналов +(6—10) дБ. При передаче влияющих сигналов в работе приемного устройства телемеханики не должно наблюдаться сбоев. Уменьшив уровень передачи сигнала канала телемеханики на 6 дБ, проверку повторяют. При хорошо налаженном канале телемеханики в работе приемного устройства телемеханики не должно быть сбоев.

Проверка воздействия коммутации ВЛ на качество передачи телеинформации предусматривает оценку работы приемного устройства телемеханики при отключении ВЛ, входящей в схему линейного ВЧ тракта канала связи от шин подстанции и при заземлении отключенной ВЛ по концам. В обоих режимах ВЛ передача телеинформации должна осуществляться без сбоев.

Затем выполняются выборочные контрольные измерения параметров канала телемеханики, указанных в электрическом паспорте этого канала. Особое внимание уделяется полноте и качеству материалов электрического паспорта канала телемеханики, поскольку этот технический документ является основным документом качества канала телемеханики при эксплуатации канала и системы телемеханики.

На основании анализа протоколов контрольных испытаний и измерений, а также материалов тренировочной эксплуатации выносится решение о вводе системы телемеханики в эксплуатацию или о необходимости дополнитель-

ных наладочных работ и повторной сдаче системы телемеханики приемочной комиссии.

В процессе эксплуатации осуществляется непрерывный контроль работы системы, периодические профилактические осмотры элементов и измерения их параметров и всей системы в целом, обнаружение и устранение отказов системы. Как любая техническая система, система телемеханики в процессе работы медленно теряет свое качество, отдельные параметры достигают критических значений, при которых система еще работает с заданной достоверностью, но при минимальных запасах. Профилактические мероприятия, проводимые при эксплуатации, позволяют устранить отдельные неисправности системы. Для полного восстановления всех параметров системы телемеханики время, отводимое для профилактических проверок, недостаточно. Когда система телемеханики достигнет состояния, при котором ее параметры достигли установленных пределов на их изменения, систему телемеханики необходимо вывести из эксплуатации для выполнения работ по полному восстановлению ее технических показателей до норм, указанных в электрических паспортах, составленных при первоначальной наладке системы телемеханики. Эти работы называются полной ревизией системы телемеханики. После выполнения ревизии система телемеханики вновь вводится в эксплуатацию. Интервал времени с момента ввода системы телемеханики в эксплуатацию (после первоначальной наладки или плановой полной ревизии) до момента окончания очередной полной ревизии системы телемеханики называется циклом эксплуатации системы телемеханики. Длительность цикла эксплуатации определяется конкретными условиями, а именно: сложностью системы, качеством оборудования, состоянием аппаратных помещений, уровнем организации эксплуатации и т. д. Как правило, длительность первых двух циклов эксплуатации системы телемеханики после ее первоначального ввода в эксплуатацию устанавливают 6—8 мес, так как оборудование должно пройти период стабилизации, в течение которого выявляются все слабые места оборудования и первоначальной наладки. В период, когда оборудование системы телемеханики достигает предельного срока службы (появляются признаки технического износа), длительность циклов эксплуатации уменьшается до 4—6 мес. Нормальной длительностью цикла эксплуатации систем телемеханики следует считать 15—20 мес.

Эксплуатация систем телемеханики предусматривает два направления работ — оперативную и техническую эксплуатацию. Оперативная эксплуатация включает в себя:

систематический контроль состояния и качества работы устройств телемеханики, каналов телемеханики и всей системы в целом;

принятие немедленных мер для выявления причин отказов системы телемеханики и устранения этих отказов, а также проведение специальных исследований и испытаний для определения причин ложного действия систем телемеханики;

проведение профилактических работ в соответствии с графиком эксплуатационных проверок устройств и систем телемеханики и проведение полных ревизий;

введение технической учетно-отчетной документации;

обобщение опыта эксплуатации устройств и систем телемеханики.

Качество работы системы телемеханики учитывается в эксплуатационном журнале и в журнале неполадок (отказов) систем телемеханики. Эксплуатационный журнал является рабочим документом, отражающим техническое состояние систем телемеханики и качество их работы. В некоторых случаях имеется два эксплуатационных журнала, устройств телемеханики и каналов (систем) связи. В эксплуатационном журнале обслуживающий персонал систем телемеханики отмечает все случаи отказов и нарушений нормального функционирования систем телемеханики, а также указывает все меры, принятые эксплуатационным персоналом для устранения неисправностей. В журнале отмечаются результаты плановых профилактических работ и результаты проверок систем телемеханики после восстановления их работоспособности.

Журнал отказов систем телемеханики является основным официальным документом для учета качества работы систем телемеханики. Этот журнал ведется оперативно-диспетчерским персоналом. В журнале отмечаются время возникновения и характер отказа системы телемеханики, а также время восстановления нормального функционирования. Основная запись о причинах отказов системы телемеханики и принятых мерах к восстановлению системы в журнале выполняется персоналом службы СДТУ, и эта запись является ответом на записанное замечание диспетчера. Ответ на замечание диспетчера должен быть записан в пределах тех же или следующих суток после записи диспетчера.

Оперативная эксплуатация системных и межсистемных каналов связи осуществляется персоналом Центральных узлов средств диспетчерского и технологического управле-

ния — ЦУС центральных служб СДТУ РЭУ, а местных каналов связи — персоналом местных узлов связи предприятий электросетей и станций. Техническая эксплуатация систем связи возлагается на персонал лабораторий средств диспетчерского и технологического управления или специализированные группы связи. Все указанные подразделения находятся в составе соответственно центральной или местной службы средств диспетчерского и технологического управления.

Перечень оборудования, обслуживаемого персоналом группы телемеханики и персоналом узла связи (ЦУС, МУС), с точным указанием границ сферы обслуживания утверждается начальником службы или главным инженером предприятия. Границу сфер обслуживания целесообразно устанавливать по кабелям, связывающим устройства ТМ с каналами телемеханики, причем: на КП — на зажимах панели телемеханики, а на ДП — на станционной стороне бокса, соединяющего узел связи с аппаратной телемеханикой. Общее для устройств связи и телемеханики оборудование электропитания закрепляется за узлом связи.

Техническая эксплуатация каналов связи и телемеханики предусматривает работы, связанные с проведением полных ревизий систем связи, вводом в эксплуатацию новых систем связи и проведением модернизации оборудования, разработкой и внедрением мероприятий по повышению надежности систем телемеханики. Указанные работы требуют наличия высококвалифицированных специалистов, которых целесообразно выделить в отдельную группу — группу каналов связи и телемеханики в составе лаборатории СДТУ.

Полная ревизия канала телемеханики выполняется в соответствии с годовым графиком профилактических работ при наличии материалов статистического анализа, подтверждающего необходимость выполнения полной ревизии канала. Если по данным оперативной эксплуатации канал телемеханики работает надежно, полная ревизия, предусмотренная графиком работ, замещается частичной ревизией, выполняемой в те же сроки. В объем работ при полной ревизии канала телемеханики входят:

а) подготовительные работы;

б) проверка всех паспортных данных модемов передачи и приема, выполнение регулировочных работ по восстановлению нарушенных параметров;

в) проверка всех паспортных данных канала связи, включая распределение мощности передатчиков, характеристики трактов передачи и приема аппаратуры ВЧ связи,

входных и выходных параметров каналов связи, показателей помехозащищенности и т. д. Все обнаруженные отклонения параметров канала связи от паспортных данных устраняются соответствующей регулировкой;

г) проверка соответствия параметров канала телемеханики паспортным данным и регулировка аппаратуры для восстановления значений этих параметров;

д) тренировочная эксплуатация канала телемеханики и устранение недостатков, выявленных в процессе тренировочной эксплуатации;

е) оформление результатов полной ревизии.

Основной задачей подготовительных работ является уточнение объемов специальных измерений и испытаний, которые должны быть выполнены в процессе полной ревизии канала телемеханики сверх типового объема работ, предусмотренных инструкцией по эксплуатации каналов телемеханики, действующей на данном энергопредприятии. Для этого выполняется тщательный анализ материалов оперативной эксплуатации данного канала телемеханики за весь цикл эксплуатации, предшествующий полной ревизии. Определяются характерные причины, зарегистрированные в журнале отказов, выявляются узлы и устройства, в которых чаще всего наблюдались отказы, анализируется правильность и достаточность мероприятий, выполняемых при ликвидации причин отказов при эксплуатации канала телемеханики. В объем дополнительных работ в обязательном порядке включают проверку режимов и состояния цепей тех узлов, в которых выполнялись восстановительные работы в процессе эксплуатации. Если при анализе обнаружены случаи самовосстановления канала телемеханики, причина которых не была установлена, в объем дополнительных работ необходимо включить исследование влияний в системе связи, проверку воздействия на каналы телемеханики коммутации силового оборудования линейного ВЧ тракта, проверку влияния колебаний питающего напряжения устройств связи и телемеханики.

Все специальные измерения, испытания и регулировки канала телемеханики в объеме работ полной ревизии выполняются с учетом рекомендаций, изложенных в книге.

После окончания наладочных работ и проверки правильности и надежности функционирования всей системы телемеханики последняя сдается в тренировочную эксплуатацию на срок от 48 до 72 ч. Целью тренировочной эксплуатации является выявление дефектов, которые не были обнаружены при полной ревизии. После тренировочной эксплуатации канал телемеханики передается персоналу,

обеспечивающему оперативную эксплуатацию СДТУ, с соответствующей записью в оперативном журнале.

При выполнении полной ревизии канала телемеханики в состав бригады, кроме работников групп каналов телемеханики и связи и устройств телемеханики, обеспечивающих техническую эксплуатацию, включается персонал, непосредственно обеспечивающий оперативную эксплуатацию данной системы телемеханики. Это положение в первую очередь относится к эксплуатационному персоналу периферийных объектов.

По материалам полной ревизии составляется протокол, в котором кроме программы работ указывается объем фактически выполненных работ, обнаруженные дефекты оперативной эксплуатации, изменения в режимах отдельных узлов и блоков, внесенные при ревизии, схемные изменения и т. д. В заключение протокола необходимо указать техническое состояние оборудования и соображения по длительности последующего цикла оперативной эксплуатации. Данный протокол включается в состав электрического паспорта канала телемеханики.

Полные ревизии, не предусмотренные планом профилактических работ, производятся по требованию руководителя оперативной эксплуатации каналов связи и телемеханики и при отказе системы телемеханики во время аварийной ситуации на энергопредприятии. Необходимость внеплановой полной ревизии канала телемеханики возникает в случае отказа, связанного с серьезным повреждением оборудования или при возрастании интенсивности отказов, причину которых не может установить персонал, осуществляющий оперативную эксплуатацию.

После аварии (брака) на энергопредприятии, сопровождавшейся отказом системы телемеханики, необходимо тщательно проанализировать причину возникновения отказа. Если причиной отказа является отсутствие на объекте резервного электропитания, пробой соединительных кабелей, повреждение устройств телемеханики, обрыв рабочей фазы ВЛ линейного ВЧ тракта, повреждение элементов обработки и присоединения ВЛ, полная ревизия канала телемеханики может не выполняться. Если же причина отказа не установлена или связана с побочными факторами, например повреждением нерабочих фаз ВЛ, коммутацией силового оборудования, повышенным уровнем линейных помех и т. д., целесообразно выполнить ревизию канала телемеханики. Целью этой ревизии должна явиться не только проверка режимов канала и соответствие их паспортным данным, но и определение причины отказа канала. При выполнении этой задачи должны проводиться специальные измерения стабильности и помехозащищенности канала телемеханики в условиях максимального приближения к условиям аварийной ситуации, при которой наблюдался отказ канала телемеханики. Так, например, если в аварийной ситуации было отключение ВЛ или была выполнена нестандартная схема коммутации ВЛ, то контрольные измерения канала телемеханики выполняются именно в этих условиях. На основании измерений и испытаний делается вывод о возможности повышения надежности канала телемеханики, обеспечивающей нормальное функционирование канала в аварийной ситуации.

9. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ НАЛАДКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ КАНАЛОВ ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Перечисленные в § 8 задачи, стоящие перед эксплуатационным персоналом служб СДТУ, обеспечивающим надежность работы систем телемеханики, достаточно объемны и трудоемки. При существующей методике эксплуатационного контроля и наладки каналов телемеханики в выполнении работ должно участвовать не менее двух человек достаточно высокой квалификации. Структура организации диспетчерского управления, а, следовательно, и эксплуатации систем телемеханики требует оперативного подчинения эксплуатационного персонала нижнего звена эксплуатационному персоналу верхнего звена. Таким образом, на эксплуатационный персонал служб СДТУ ПЭС, РЭУ и ОДУ возлагается ответственность за надежность работы систем телемеханики, связывающих данное предприятие с объектами управления, и систем телемеханики, связывающих это предприятие с высшим звеном управления. Сложность эксплуатации систем телемеханики усугубляется еще более тем, что на многих объектах, где заканчиваются КТМ этих систем, эксплуатационный персонал служб СДТУ отсутствует.

При широком внедрении систем телемеханики и ограниченности штатов эксплуатационного персонала в указанных выше условиях высокую надежность работы систем телемеханики можно обеспечить только при внедрении новых форм эксплуатации, базирующихся на использовании специальных средств автоматизации технологического процесса наладки и эксплуатации систем телемеханики. Для объективной оценки качества наладочных работ при наладке каналов телемеханики и особенно при их вводе

в эксплуатацию должны использоваться специальные переносные устройства наладки и контроля каналов телемеханики (ПУНКТ). Эти устройства должны содержать датчик испытательной комбинации и цифровой индикатор качества посылок кодовой комбинации, а также должны быть транспортабельными и простыми в эксплуатации. Датчик ПУНКТ должен обеспечивать передачу сигналов «Нажатие +», «Нажатие —» — комбинации посылок «точки» для проверки и наладки МПРД и испытательного текста для оценки канала телемеханики. Датчик должен обеспечивать передачу посылок на скоростях 50, 100 и 200 Бод. Цифровой индикатор ПУНКТ должен обеспечить раздельную индикацию постоянных случайных и характеристических искажений посылок, передаваемых по каналу. Такая раздельная индикация необходима, так как постоянные и характеристические искажения посылок в канале телемеханики могут быть легко устранены при наладке.

Наладка каналов телемеханики состоит из:

а) наладки модемов передачи (см. § 4);

б) наладки модемов приема (см. § 5);

в) измерения краевых искажений, для чего, включив на вход КТМ датчик ПУНКТ, а на выход КТМ — цифровой индикатор второго устройства ПУНКТ, передают по каналу испытательную комбинацию «Текст». Определяют по цифровому индикатору значение постоянных искажений и, если оно больше 3%, устраняют искажения регулировкой дискриминатора МПРМ, поскольку качество наладки МПРД было проверено ранее. Определяют значение характеристических искажений; если оно превышает 5—6%, необходимо принять меры к устранению искажений;

г) измерения запаса канала относительно линейных помех. Включив МЗ на выход передающей АВС, изменяют его затухание ступенями по 6 дБ в пределах от нуля до 24—36 дБ и для каждого случая измеряют суммарное искажение посылок. Значение затухания МЗ, соответствующее максимально допустимым искажениям посылок, будет равно запасу КТМ;

д) определения влияния на КТМ переключений силового оборудования подстанций и ВЛ, входящих в состав ЛВТ. Степень влияния оценивают по краевым искажениям посылок с помощью цифрового индикатора ПУНКТ.

Подобным же образом ПУНКТ может быть использован для эксплуатационного контроля качества каналов

телемеханики на участках ЦДУ — ОДУ, ОДУ — РЭУ, РЭУ — ПЭС. Использование ПУНКТ для контроля качества каналов телемеханики ПЭС — РЭС, ПЭС — объект, РЭС — объект ограничивается необходимостью выезда на контролируемый объект персонала службы СДТУ ПЭС.

Недостатком эксплуатационного контроля КТМ с помощью ПУНКТ является необходимость вывода системы телемеханики из работы на время выполнения контроля. Весьма перспективны устройства текущей регистрации отказов (УТРО), которые должны автоматически контролировать качество КТМ без нарушения нормального функционирования системы телемеханики.

Такие устройства должны устанавливаться в линейно-аппаратных залах ЦДУ, ОДУ, РЭУ и ПЭС и подключаться высокоомным входом непосредственно к выходу МПРМ канала телемеханики параллельно ПРУТ. Устройство УТРО должно оценивать качество посылок кодовых рабочих комбинаций, передаваемых по каналу телемеханики. В качестве критерия можно выбрать значение краевых искажений посылок или достоверность их передачи по каналу телемеханики. В любом случае УТРО должно выдавать эксплуатационному персоналу не только световой и звуковой сигналы об отказе КТМ, но и предупредительный сигнал. Предупредительный сигнал предназначен для предупреждения эксплуатационного персонала о том, что эксплуатационная надежность канала телемеханики снизилась до заданной границы и для предотвращения появления отказа в работе системы телемеханики необходимо принять соответствующие меры. Использование УТРО совместно с микро-ЭВМ обеспечит сбор и обработку статистических данных по каналам телемеханики, а на основании этих материалов — прогнозирование сроков выполнения профилактических работ на системах телемеханики и разработку конкретных мероприятий по обеспечению высокой надежности систем телемеханики. Этими примерами не исчерпывается перечень устройств автоматизации технологического процесса наладки и эксплуатации систем телемеханики. Необходимы устройства для быстрой и качественной проверки МПРМ, для определения места возникновения отказов в сложных каналах телемеханики с переприемами, дистанционной проверки каналов телемеханики, заканчивающихся на необслуживаемых объектах, упрощенные методы и устройства для определения запасов устойчивости систем телемеханики. Работы по разработке и внедрению специальных устройств автоматизации ведут-

ся в ряде организаций и в энергосистемах. Получены положительные результаты. Внедрение в эксплуатацию устройств автоматизации процессов обслуживания систем телемеханики не только повысит надежность функционирования этих систем, но и облегчит труд эксплуатационного персонала, а также позволит ему больше внимания уделять вопросам дальнейшего совершенствования СДТУ энергосистем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Нормы** и рекомендации на каналы телемеханики по линиям электропередачи. — М.: СНТИ ОРГРЭС, 1975. — 76 с.
2. **Малышев А. И.** Наладка аппаратуры уплотнения и высокочастотных каналов телефонной связи и телемеханики по ВЛ. — М.: Энергия, 1977. — 208 с.
3. **Бурденков Г. В., Малышев А. И.** Автоматика, телемеханика и передача данных в энергосистемах. — М.: Энергия, 1978. — 344 с.
4. **Малышев А. И., Шкарин Ю. П.** Специальные измерения высокочастотных каналов по линиям электропередачи. — М.: Энергия, 1979. — 303 с.
5. **Раков А. И.** Надежность радиорелейных систем связи. — М.: Связь, 1971.—57 с.

СОДЕРЖАНИЕ

АНДРЕЙ ИВАНОВИЧ МАЛЫШЕВ

Наладка и эксплуатация каналов телемеханики по ВЛ

Редактор *В. В. Сапиріштейн*
Редактор издательства *И. А. Сморчкова*
Обложка художника *Т. Н. Хромовой*
Технический редактор *Л. В. Изгаршева*
Корректор *В. В. Мошникова*
ИБ № 2708

Сдано в набор 28.01.83 Подписано в печать 25.05.83 Т- 12811
Формат 84×108 1/32 Бумага типографская № 3 Гарнитура литературная
Печать высокая Усл. печ. л. 5,04 Усл. кр.-отт. 5,25 Уч.-изд. л. 5,35
Тираж 10000 экз. Заказ 3058 Цена 25 к.

Энергоатомиздат, 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, М-54, Валовая, 28


25 к.